

RESPUESTA DE LA SANDÍA AL ACOLCHADO PLÁSTICO, FERTILIZACIÓN, SIEMBRA DIRECTA Y TRASPLANTE

WATERMELON RESPONSE TO PLASTIC MULCHING, FERTILIZATION, SOWING AND TRANSPLANTING

S. Felipe Mendoza Moreno¹, Marco A. Inzunza Ibarra^{1*}, Roque Morán Martínez², Ignacio Sánchez Cohen¹, Ernesto A. Catalán Valencia¹ y Magdalena Villa Castorena¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID RASPA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 6.5, Canal Sacramento. margen derecha, C.P. 35140. Gómez Palacio, Dgo., México. Tel y Fax: 01 (871) 719-1076. Ext. 106 Correo electrónico: inzunza.marco@inifap.gob.mx ²Universidad Autónoma Chapingo (URUZA). Bermejillo, Dgo, México.

* Autor para correspondencia

RESUMEN

En este estudio se determinó la producción, eficiencia en el uso del agua y la precocidad a cosecha del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* T.) regado con cintilla a 60 % de la evaporación de un tanque estándar tipo A, en tres tipos de establecimiento (siembra directa, trasplante a dos hojas verdaderas y trasplante a inicio de guías), con y sin acolchado de plástico negro, y dos niveles de fertilización de N y P₂O₅ (160N-80P y 240N-120P). El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo de tratamientos factorial 3x2x2 y las comparaciones de medias se hicieron mediante la prueba Tukey ($\alpha=0.05$). La mayor producción de fruto (68.6 t ha⁻¹) se logró con el establecimiento del cultivo por trasplante a dos hojas verdaderas combinado con acolchado plástico y fertilizado con 160N-80P, que también fue el tratamiento más eficiente en el uso del agua al alcanzar una productividad de 14.3 kg de fruta por m³ de agua. El rendimiento alcanzado por el mejor tratamiento representó un incremento de casi 150 % respecto al rendimiento medio regional. El incremento de la temperatura del suelo debido al uso del acolchado plástico favoreció la producción y adelantó la cosecha de la sandía en una semana.

Palabras clave: *Citrullus lanatus* T., fertirrigación, eficiencia en el uso del agua, precocidad del cultivo.

SUMMARY

In this study we determined the yield, water use efficiency and harvest earliness for watermelon (*Citrullus lannatus* T.) irrigated by drip irrigation (tape) at 60 % of evaporation from a standard "A" type tank, when submitted to three levels of crop establishment (direct sowing, transplant at two true leaves, and transplant at branching onset), with and without black plastic mulching and two levels of N and P₂O₅ fertilization (160N-80P and 240N-120P). The experimental design was completely random with a 3x2x2 factorial treatment design and the comparisons for treatments means were performed with the Tukey test ($\alpha=0.05$). The highest yield of 68.6 t ha⁻¹ was obtained by transplanting the crop when plant lets had two true leaves

combined with plastic mulching and fertilized with 160N-80P, which also was the treatment with the highest water use efficiency of 14.3 kg m⁻³. The yield of this treatment represents an increase of almost 150 % compared to the regional average yield. The increase of soil temperature due to plastic mulching promoted a high yield and allowed to harvest the watermelon one week earlier.

Index words: *Citrullus lanatus* T., fertirrigation, water use efficiency, crop precocity.

INTRODUCCIÓN

Se estima que a nivel nacional la eficiencia global de riego es de apenas 45 %, lo cual se debe principalmente a que 94 % del área irrigada (25 millones de ha) corresponde a riego por superficie (SAGARPA, 2003). Existe un amplio potencial para incrementar tanto la eficiencia global como la productividad del agua, mediante la introducción del riego presurizado y el fertirriego (Thompson *et al.*, 2003; Motsenbocker y Arancibia, 2002).

En la Región Lagunera, como en el resto de las zonas áridas o semiáridas de México, es inaplazable sustituir los cultivos de alto consumo de agua por otros más eficientes y lograr una agricultura de riego altamente tecnificada. Al respecto, el riego por goteo es una opción viable para tratar de equilibrar la extracción y la recarga de los acuíferos y evitar colapsos en estas regiones (Xie *et al.*, 2005). Los estudios tendientes a encontrar alternativas de producción eficientes, como la plasticultura y fertirrigación, han dado excelentes resultados. El cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* T.) es una opción de producción que

tiene en la Región Lagunera un clima apropiado para alcanzar altos rendimientos (Villa *et al.*, 2001), y que regado con goteo en combinación con acolchado plástico puede rendir hasta 56.5 t ha⁻¹, para superar en 100 % al tratamiento testigo (Cenobio *et al.*, 2004).

En la Región Lagunera, Pérez *et al.* (2003) obtuvieron una producción de sandía de 52.4 t ha⁻¹ que duplicó al rendimiento medio regional, lo cual se logró con acolchado plástico, trasplante a inicio de guías y riego por goteo a 50 % de la evaporación registrada en un tanque estándar tipo A. En otro estudio, el uso del acolchado plástico en sandía permitió adelantar la cosecha en al menos 8 d e incrementar la producción en 250 %, con respecto al rendimiento medio regional de La Laguna (Cenobio *et al.*, 2004).

En los últimos cinco años, en la Región Lagunera la sandía se ha cosechado en una superficie promedio de 1645 ha, con un rendimiento medio de 23.2 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2003) que está muy por debajo de su potencial de aproximadamente 70 t ha⁻¹. Se estima que con la implementación del riego por goteo, acolchado plástico y la fertirrigación, se podría alcanzar el rendimiento potencial, además de aumentar la precocidad del cultivo, la calidad del producto y la eficiencia en el uso del agua; todos esos beneficios contribuirían a que el cultivo de sandía se reafirme como una alternativa con viabilidad económica y social en la región. Con base en este enfoque, los objetivos de este estudio fueron evaluar el rendimiento de fruta y la eficiencia productiva del agua en sandía con acolchado plástico, sometida a tres tipos de establecimiento del cultivo y dos niveles de fertilización bajo riego por goteo en la modalidad de cintilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El estudio se realizó en terrenos del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones-Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID RASPA-INIFAP) ubicado en Gómez Palacio, Durango, durante el ciclo primavera-verano del 2002. El CENID RASPA se localiza a 25° 35' LN, 103° 27' LW 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 extremoso con una oscilación anual en las temperaturas medias mensuales de entre 7 y 14 °C. Las lluvias son en verano, con un porcentaje de lluvias invernales que va de 5 a 10.2 % (García, 1970). El suelo del sitio experimental es parte de la serie Coyote, predominante en la región, formada por suelos profundos con poca

variación de textura (migajón arcilloso) (Inzunza y Mojarro, 1994).

Metodología

Se utilizó la variedad Peacock WR-124 con una densidad de siembra de 5333 plantas/ha a doble hilera, recomendada por el INIFAP para la Laguna. Las líneas de riego tuvieron una separación de 5 m. La unidad experimental consistió de tres líneas regantes de 10 m de longitud, y la parcela útil de las dos hileras de plantas localizadas en la línea regante central. Para la fertilización se utilizó urea como fuente de nitrógeno, y ácido fosfórico a 50 % como fuente de fósforo (P₂O₅). Se optó por no aplicar potasio debido a que en el análisis químico realizado al suelo experimental se observó una concentración media de K del orden de 1151 mg kg⁻¹, valor clasificado como muy alto para una textura media. Castellanos *et al.* (2000) recomiendan no agregar este elemento porque además de no existir respuesta del cultivo a mayores cantidades, se puede afectar la disponibilidad de otros nutrimentos. Se utilizó el plástico negro para evitar el desarrollo de malezas y reducir la evaporación directa (Pérez *et al.*, 2003; Wang *et al.*, 1998).

Para el riego se utilizó cintilla con líneas de riego a 5 m de separación, con goteros espaciados a 0.2 m. Cada línea regante fue colocada en medio de dos hileras de plantas separadas a 0.3 m entre ellas. Se utilizó cintilla 0.038 mm "t-tape", con un gasto de 3.1 L h⁻¹ m⁻¹, a una presión de operación de 78.4 kPa. Se realizaron muestreos del suelo de las parcelas experimentales cada tercer día con una barrena tipo California para determinar las variaciones de su contenido de humedad a través del ciclo del cultivo. El riego se aplicó diario y la cantidad de agua por aplicar en cada riego se estimó como el 60 % de la evaporación diaria registrada en un tanque estándar tipo "A".

Se compararon tres tipos de establecimiento del cultivo: siembra directa, trasplante a dos hojas verdaderas y trasplante a inicio de guías (plántulas establecidas en invernadero); con y sin acolchado con plástico negro, y dos dosis de fertilización de N y P₂O₅ basadas en las recomendaciones del INIFAP (160N-80P y 240N-120P). Estos factores se plantearon con el propósito de aumentar la precocidad del cultivo, su rendimiento y la productividad del agua de riego. Los tratamientos resultantes de un arreglo factorial 3x2x2 (Cuadro 1), se aleatorizaron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Las variables respuesta fueron rendimiento de fruto (t ha⁻¹) y productividad del agua (kg m⁻³). Otras variables fueron la precocidad del cultivo registrada como los días a la cosecha, la cual se realizó cuando los frutos de la sandía alcanzaron al menos 8.5 grados Brix (Motsenbocker y Arancibia, 2002); la

temperatura del suelo medida a 15 cm de profundidad; y la materia seca que se determinó el 17 y 28 de abril, 6, 15 y 26 de mayo, en dos plantas de cada repetición por tratamiento. Se utilizó el análisis de varianza y la prueba de Tukey ($\alpha=0.5$) para analizar los resultados.

Cuadro 1. Tratamientos estudiados en sandía. Gómez Palacio, Dgo., 2002.

Tipo de establecimiento	Variantes	Niveles de fertilización (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
Siembra directa	Acolchado	160-80-00
Siembra directa	Sin acolchado	160-80-00
Siembra directa	Acolchado	240-120-00
Siembra directa	Sin acolchado	240-120-00
Trasplante a 2 hojas verdaderas	Acolchado	160-80-00
Trasplante a 2 hojas verdaderas	Sin acolchado	160-80-00
Trasplante a 2 hojas verdaderas	Acolchado	240-120-00
Trasplante a 2 hojas verdaderas	Sin acolchado	240-120-00
Trasplante a inicio de guías	Acolchado	160-80-00
Trasplante a inicio de guías	Sin acolchado	160-80-00
Trasplante a inicio de guías	Acolchado	240-120-00
Trasplante a inicio de guías	Sin acolchado	240-120-00

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para rendimiento de fruta y productividad del agua se encontró que los tratamientos provocaron diferencias significativas y con un coeficiente de variación de 10.6 % (Cuadro 2). Los tres factores evaluados, tipo de establecimiento, acolchado y niveles de fertilización, causaron efectos significativos, así como las interacciones tipo de establecimiento x acolchado, tipo de establecimiento x fertilización y acolchado x fertilización. La triple interacción (tipo de establecimiento x acolchado x fertilización) no produjo diferencias significativas en estas dos variables.

Para la interacción tipos de establecimiento x acolchado se encontró que en los tratamientos con acolchado los dos tipos de trasplante resultaron estadísticamente iguales entre sí y superiores a la siembra directa, con incrementos promedio de 53.3 y 64.6 % para producción de fruta y eficiencia productiva del agua, respectivamente (Figuras 1A y 2A). Para los tratamientos sin acolchar, el mejor tipo de establecimiento del cultivo fue el trasplante a inicio de guías, con un incremento respecto a la siembra directa de 110 % para rendimiento y de 125 % para eficiencia del uso del agua. Se demuestra así la superioridad del trasplante sobre la siembra directa tanto con acolchado como sin acolchar, lo cual se atribuye a las condiciones ambientales favorables prevalecientes en el invernadero durante el periodo de de-

sarrollo de las plántulas de sandía (27 a 39 d), como también lo reportó Tarara (2000).

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza y prueba de F para rendimiento de fruta y eficiencia del uso del agua en sandía. Gómez Palacio, Dgo., 2002.

F.V.	GL	Rendimiento de fruta (t ha ⁻¹)	Eficiencia de uso del agua en sandía (kg m ⁻³)
Tipos de establecimiento	2	1745.7**	88.6**
Acolchado	1	3852.3**	172.9**
Fertilización	1	162.1*	6.5*
Tipos de establecimiento x acolchado	2	446.7**	23.9**
Tipos de establecimiento x fertilización	2	113.4*	4.4*
Acolchado x fertilización	1	140.8*	5.5*
Tipos de establecimiento x acolchado x fertilización	2	33.7	1.2
Error	24	24.8	1.0
CV (%)		10.6	10.6

*, ** Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente. GL = Grados de libertad; CV = coeficiente de variación.

Para la interacción tipos de establecimiento x fertilización, los dos tipos de trasplante superaron en rendimiento a la siembra directa: en 43.8 % en la dosis de fertilización baja, y en 119.3 % en la dosis de fertilización alta (Figura 1B). Esta misma tendencia se registró en la eficiencia o productividad del agua, ya que con la dosis de fertilización más alta los dos tipos de trasplante superaron en 98.2 % a la siembra directa (Figura 2B). En contraste, la productividad del agua en los tratamientos con baja fertilización fue mejor con el trasplante a inicio de guías que con los otros dos tipos de establecimiento, con un incremento de 63.8 % respecto a la siembra directa. Estos resultados muestran nuevamente la superioridad del trasplante sobre la siembra directa para las dos dosis de fertilización probadas. Resultados similares en cuanto a las interacciones aquí descritas fueron obtenidos por Kirnak *et al.* (2003).

La interacción acolchado x nivel de fertilización mostró que tanto para la dosis alta como para la baja, el rendimiento y la eficiencia en el uso del agua con acolchado fueron superiores que los obtenidos sin acolchar (Figuras 1C y 2C), con ganancias de 67 y 68.9 % en la dosis alta, y de 45.8 y 49.3 % en la dosis baja. Estos resultados se atribuyeron a una mayor disponibilidad de nutrientes por el incremento de la temperatura del suelo (Figura 3) en los tratamientos acolchados (Andino y Motsenbocker, 2004), lo cual a su vez indujo una mayor producción de materia seca en la planta (Figura 4).

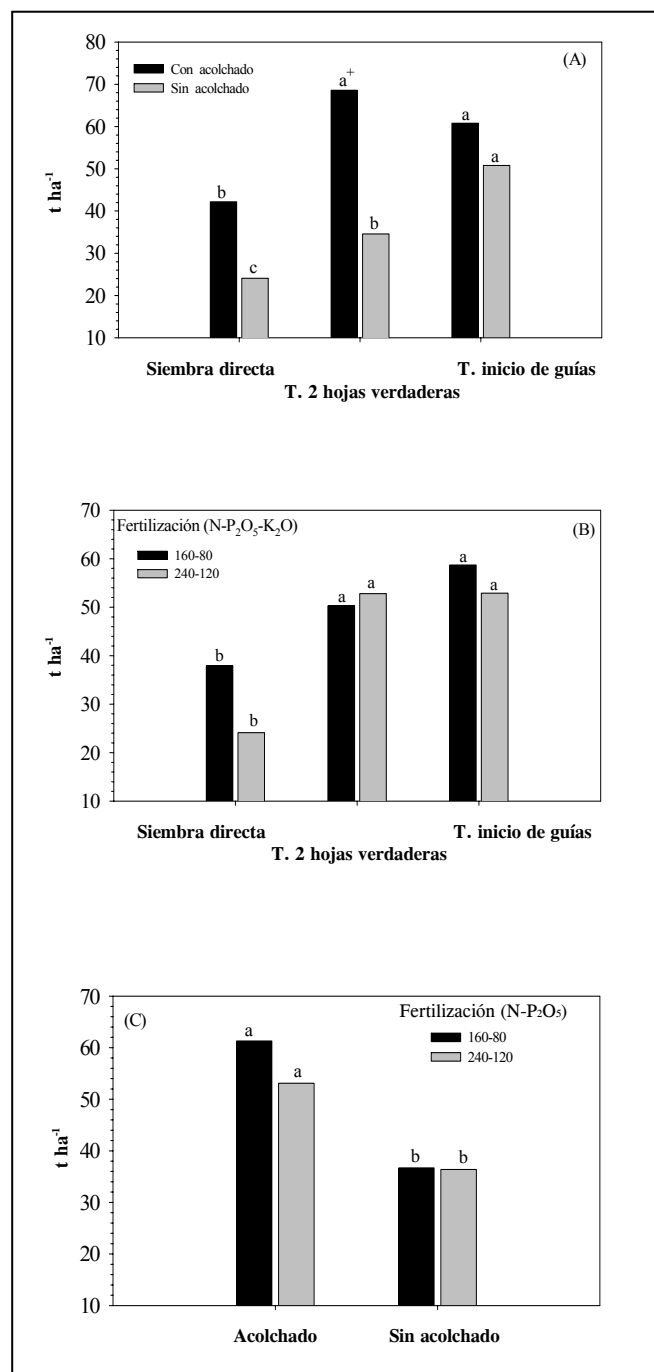


Figura 1. Rendimiento de fruta en función de diversas interacciones: (A) Tipo de establecimiento y acolchado, (B) Tipo de establecimiento y dosis de fertilización y (C) Acolchado y dosis de fertilización. Misma letra entre color de barra indica diferencia no significativa (Tukey 0.05).

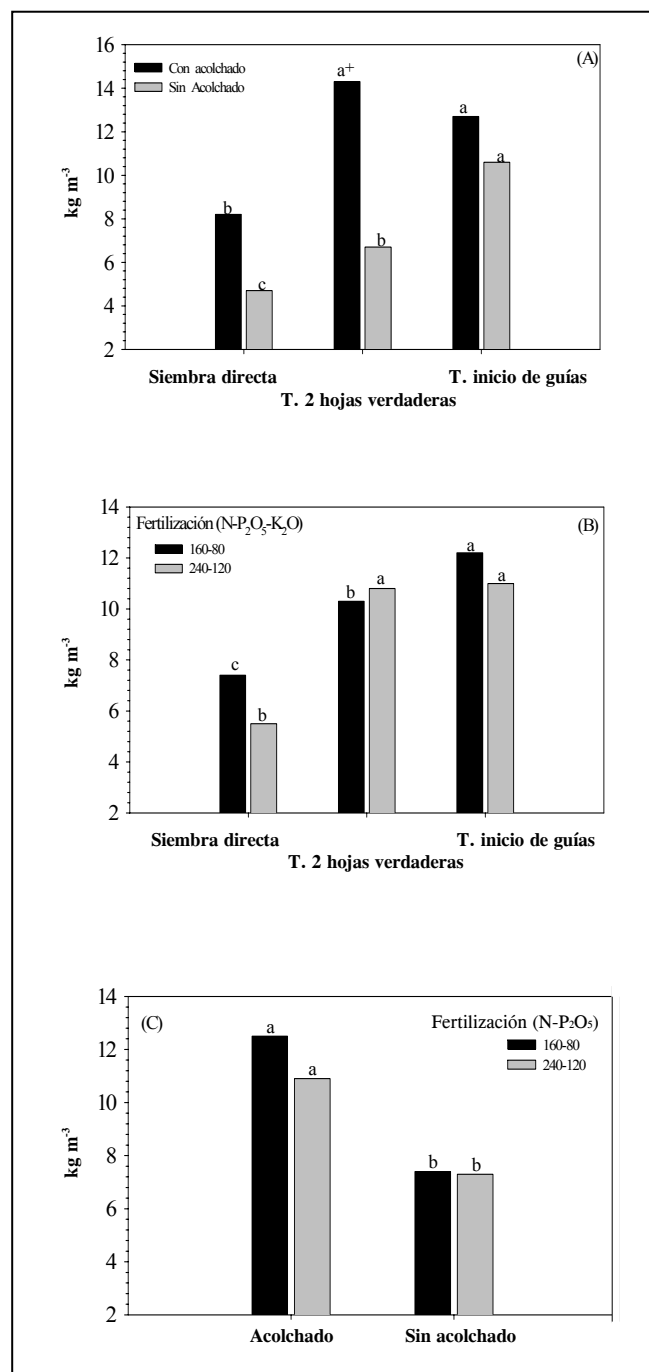


Figura 2. Eficiencia en el uso del agua en función de diversas interacciones: (A) Tipo de establecimiento y acolchado, (B) Tipo de establecimiento y dosis de fertilización y (C) Acolchado y dosis de fertilización. Misma letra entre color de barra indica diferencia no significativa (Tukey 0.05).

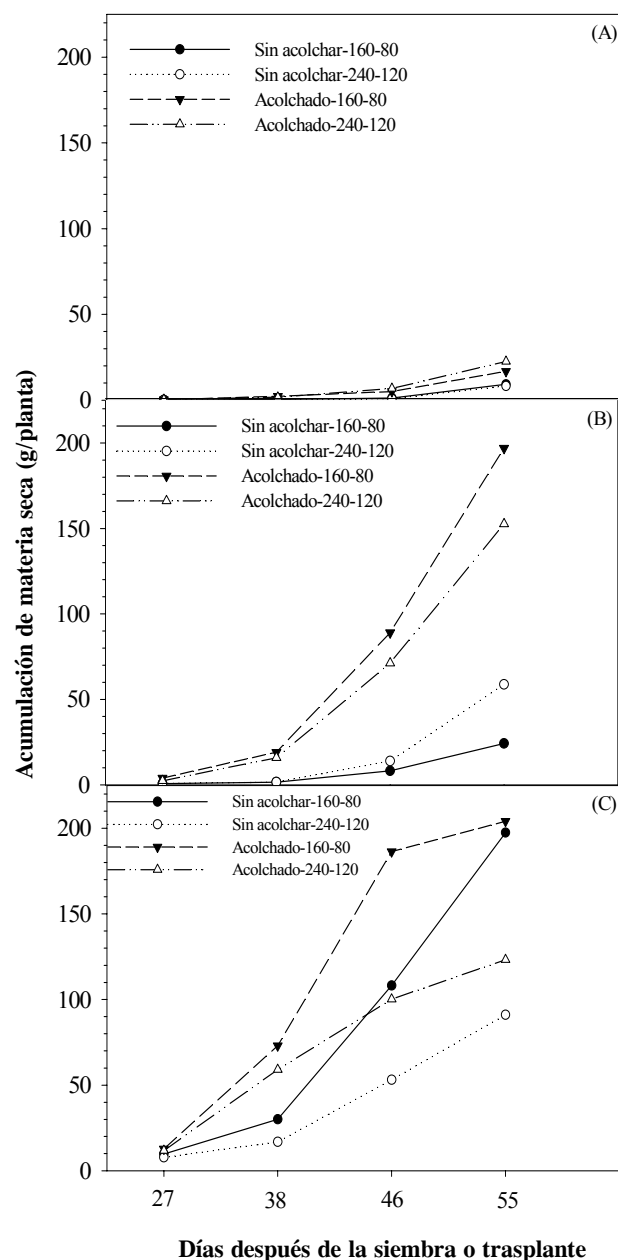


Figura 3. Producción de materia seca de sandía para los tres tipos de establecimiento: (A) Siembra directa, (B) Trasplante a dos hojas verdaderas, y (C) Trasplante a inicio de guías.

En los tres tipos de establecimiento (siembra directa, trasplante a dos hojas verdaderas y trasplante a inicio de

guías) el acolchado indujo un adelanto en la cosecha de 14, 7 y 5 d respectivamente, con respecto a los tratamientos sin acolchar (Cuadro 3). El trasplante a inicio de guías con acolchado, se cosechó 12 y 19 d antes que el trasplante a dos hojas verdaderas y que la siembra directa respectivamente, también acolchados. El mayor contraste en precocidad a cosecha (33 d) se registró entre el tratamiento de trasplante a inicio de guías con acolchado y a la siembra directa sin acolchado.

Cuadro 3. Días a la cosecha de sandía establecida con riego por cintilla, en tres tipos de siembra, dos niveles de fertilización y dos niveles de acolchado plástico.

Tratamiento	Días a inicio de cosecha	Precocidad por acolchado (días)
Siembra directa, con acolchado y 160N-80P	90	14
Siembra directa, sin acolchado y 160N-80P	104	
Siembra directa, con acolchado y 240N-120P	90	14
Siembra directa, sin acolchado y 240N-120P	104	
Trasplante a dos hojas verdaderas, con acolchado y 160N-80P	80	7
Trasplante a dos hojas verdaderas, sin acolchado y 160N-80P	87	
Trasplante a dos hojas verdaderas, con acolchado y 240N-120P	80	7
Trasplante a dos hojas verdaderas, sin acolchado y 240N-120P	87	
Trasplante a inicio de guías, con acolchado y 160N-80P	71	5
Trasplante a inicio de guías, sin acolchado y 160N-80P	76	
Trasplante a inicio de guías, con acolchado y 240N-120P	71	5
Trasplante a inicio de guías, sin acolchado y 240N-120P	76	

En la siembra directa, las diferencias entre niveles de acolchado fueron mínimas, pero con trasplante a dos hojas verdaderas hubo mayor acumulación de materia seca en los tratamientos acolchados, en las dos dosis de fertilizante (Figura 3, A y B). Para el trasplante a inicio de guías (Figura 3C), la mayor acumulación materia seca se logró con el acolchado y la dosis de fertilizante baja, aunque a los 55 d fue alcanzado por el tratamiento sin acolchar y con la dosis baja de fertilización.

Las temperaturas máximas y mínimas diarias registradas a una profundidad de 15 cm en el suelo registraron incrementos considerables en los tratamientos acolchados; la temperatura máxima se incrementó de 1.26 a 7.59 °C y la mínima de 2.19 a 6.86 °C (Figura 4). Ello indica que la cobertura plástica incrementó la temperatura del suelo, calentamiento que pudo haber causado aceleración del crecimiento del cultivo, mayor disponibilidad de nutrientes, incremento de la producción, mayor eficiencia en el uso del agua y adelanto del inicio de la cosecha, como lo reportan Clark *et al.* (1996).

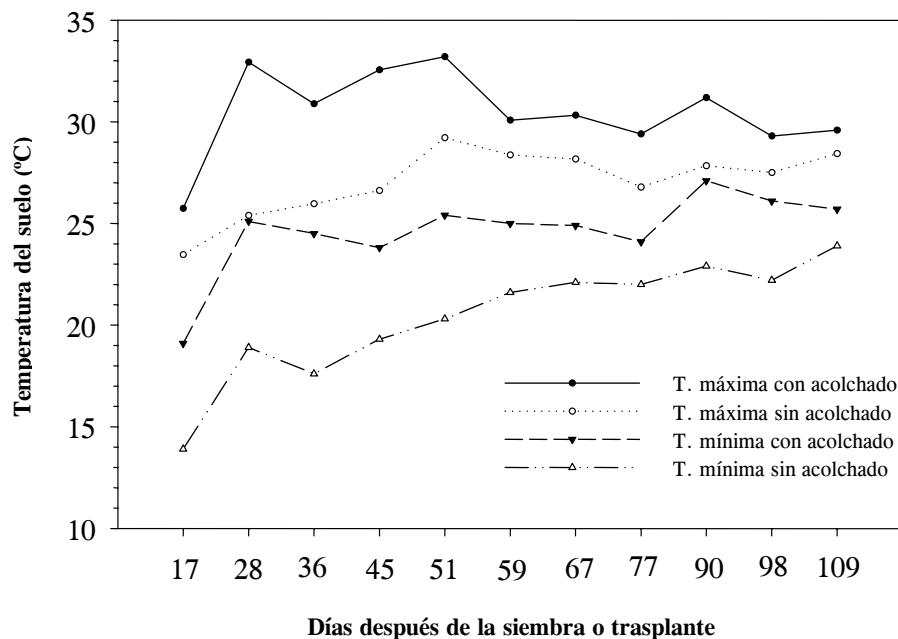


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias promedio registradas a 15 cm de profundidad en el suelo, en Sandía, Gómez Palacio, Dgo.

CONCLUSIONES

El acolchado combinado con el trasplante a dos hojas verdaderas presentó los mayores valores de rendimiento y eficiencia en el uso del agua para sandía (68.6 t ha^{-1} y 14.3 kg m^{-3}), en comparación con los demás tratamientos. Las dos variantes de trasplante superaron a la siembra directa, el acolchado plástico fue mejor que sin acolchar, y la dosis de nutrimentos 160N-80P fue superior a la 240N-120P.

El establecimiento de la sandía con acolchado y trasplante a inicio de guías permitió adelantar la cosecha 12 y 19 d con respecto al trasplante a dos hojas verdaderas y siembra directa con acolchado, respectivamente. EL acolchado combinado con trasplante a inicio de guías adelantó en 33 d la cosecha, en relación con la siembra directa sin acolchar.

Las ganancias en rendimiento, en eficiencia en el uso del agua y en precocidad a la cosecha logrados en sandía, se atribuyen a los incrementos de la temperatura del suelo generados por el acolchado plástico y al establecimiento del cultivo mediante trasplante.

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.
- Castellanos J Z, J X Uvalle B, A Aguilar S (2000) Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. 2a. Edición. Colección INCAPA. México, D.F. 226p.
- Cenobio G P., S F Mendoza M, J Sánchez C, M A Insunza I (2004) Respuesta de la Sandía (*Citrullus lanatus* T.) a diferentes colores de acolchado plástico y riego por goteo cintilla. *Rev. Chapingo S. Zonas áridas* 3:89-97.
- Clark G A, D N Maynard, S D Stanley (1996) Drip-irrigation management for watermelon in a humid region. *Appl. Eng. Agric.* 12:335-340.
- 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.
- Inzunza I M A, F Mojarro D (1994) Simulación del coeficiente de cultivo con base en unidades térmicas. *Terra* 12:289-296.
- Kirnak H, 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.
- Motsenbocker C E, R A Arancibia (2002) In-row spacing influences triploid watermelon yield and crop value. *HortTechnology* 12:437-440.
- Pérez G J L, I Sánchez C, F S Mendoza M, M A Insunza I, J A Cuetto W (2003) Productivity and yield of watermelon by effect of water in different management conditions. *Rev. Chapingo S. Hort.* 9:217-223.

- SAGARPA (2003)** Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria. Región Lagunera Coahuila-Durango. Sistema de Información Agropecuaria. Cd. Lerdo, Dgo.
- Tarara J M (2000)** Microclimate modification with plastic mulch. HortScience 35:169-179.
- Thompson T L, S A White, J Walworth, G.J Somer (23003)** Fertigation frequency for subsurface drip-irrigated broocoli. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:910-918.
- Villa C M, M A Inzunza I (2001)** Zonificación agroecológica de hortalizas involucrando grados de riesgo. Terra 9:1-7.
- Wang S Y, G J Galletta, M J Camp (1998)** Mulch types affect fruit quality and composition of two strawberry genotypes. HortScience 33:636-640.
- Xie Z, Y Wang, F Li (2005)** Effect of plastic mulching on soil water USA and spring wheat yield in arid region of northwest China. Agric. Water Manaj. 75:71-83.