



Terra Latinoamericana

E-ISSN: 2395-8030

terra@correo.chapingo.mx

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo,
A.C.
México

Eduardo del Angel, Juan José; Tijerina Chávez, Leonardo; Acosta Hernández, Rafael; López Jiménez, Alfredo

Producción de ciruelo con fertirriego en función de contenidos de humedad y coberturas orgánicas

Terra Latinoamericana, vol. 19, núm. 4, octubre-diciembre, 2001, pp. 317-326

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319404>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

PRODUCCION DE CIRUELO CON FERTIRRIEGO EN FUNCION DE CONTENIDOS DE HUMEDAD Y COBERTURAS ORGANICAS

Plum Production with Fertigation in Function Moisture Contents and Organic Mulches

Juan José Eduardo del Angel¹, Leonardo Tijerina Chávez¹, Rafael Acosta Hernández¹
y Alfredo López Jiménez²

RESUMEN

Con la finalidad de contribuir al conocimiento del uso y manejo eficiente del agua en frutales, se evaluó el efecto de tres grados de tensión de humedad y riego diario en combinación con dos tipos de cobertura orgánica y suelo desnudo (testigo) sobre el consumo de agua y producción del ciruelo (*Prunus salicina* Lindl.) cv. Methley con un sistema de fertirriego por goteo. El diseño experimental utilizado fue parcelas divididas con 12 tratamientos, distribuidos al azar con tres repeticiones. Los resultados indicaron que la cobertura de estiércol bovino conservó más la humedad en el suelo con un ahorro de agua de 20.1% y con la cobertura de paja de maíz se obtuvo 13.1%, comparados con el testigo sin cobertura y para el grado de tensión de humedad correspondiente a 30 kPa. En cuanto a rendimiento y calidad de frutos, los mejores resultados (6825.9 g árbol⁻¹ y 18.1 °Brix de concentración de azúcar) se obtuvieron con el tratamiento de cobertura de estiércol y riego diario.

Palabras clave: Riego por goteo, manejo de huertos, consumo de agua, conservación de la humedad, calidad y amarre de frutos.

SUMMARY

To contribute to knowledge of efficient water management in fruit tree production, the effects of three soil moisture tension levels were compared with daily irrigation, and two types of organic mulches were compared with bare soil in a plum (*Prunus salicina* Lindl.), cv. Methley, orchard irrigated with a

drip fertigation system. The experimental design was a split plot with 12 treatments randomly distributed with three replications. The results showed that cow manure mulch conserved more moisture in the soil (water savings of 20.1%), than maize stover mulch (13.1%), using the control treatment without mulch (bare soil) and the 30 kPa water tension level as the base. In yield and fruit quality, the best results (6825.9 g tree⁻¹ and 18.1 °Brix in sugar concentration) were obtained using cow manure mulch and daily irrigation.

Index words: Drip irrigation, orchard management, consumptive use, water conservation, quality and fruit set.

INTRODUCCION

Para optimizar el aprovechamiento del agua, se tiene la opción de utilizar cubiertas superficiales que pueden ser de tipo sintético (plásticos) y de material orgánico las cuales pueden ser altamente eficaces para conservar la humedad, prevenir el desarrollo de malezas, así como mejorar algunas propiedades físicas y químicas del suelo.

El uso de cubiertas superficiales de material orgánico en frutales tiene diversos efectos en el desarrollo de los árboles, dependiendo del tipo de cobertura, cantidad y forma de aplicación. Puede incrementarse la tasa de infiltración hasta 11 cm h⁻¹ (Razeto y Rojas, 1986), favorecer la conservación del agua y reducir la erosión (Schertz y Bushnell, 1993). La adición de materia orgánica en los suelos cumple dos funciones: una está ligada con el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo por los efectos benéficos que se producen sobre los agregados y el espacio poroso, y la otra con el aporte de nutrimentos para las plantas, ya que es fuente de N, P, K y de micronutrimentos (Castellanos, 1984; Vaclav, 1999; López, 2001). Los beneficios que aportan los acolchados orgánicos a las plantas varían con el material utilizado, tipo de suelo, clase de planta y labores culturales realizadas, y no deben considerarse

¹ Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillo, Estado de México.

(tijerina@colpos.colpos.mx)

² Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillo, Estado de México. (lopezja@colpos.colpos.mx)

como fertilizantes por su bajo aporte nutrimental, en relación con los efectos físicos (Starbuck, 2000).

El déficit de humedad en el suelo afecta la división celular, proceso indispensable en el crecimiento de las plantas y el daño ocasionado se relaciona directamente con la intensidad, duración y etapa fenológica del cultivo. Su efecto se manifiesta en la reducción de la transpiración, fotosíntesis y, finalmente, en la producción de biomasa (Chalmers *et al.*, 1985), por lo que el rendimiento y la calidad del producto se verán afectados (Shock *et al.*, 1998). El estrés hídrico induce también cambios en el sistema radicular, lo que afectará el abastecimiento de nutrimentos y de agua a la planta, así como en la tolerancia de los árboles a las bajas temperaturas. Se considera que el crecimiento y la productividad de los cultivos es proporcional al uso del agua. Aunque un déficit de humedad en el suelo reduce normalmente la producción final; un estrés hídrico moderado puede llegar a mejorar la eficiencia del uso de agua y mejorar la calidad de los productos, por lo que se constituye en una herramienta útil en la fruticultura (Cohen, 1994). De aquí la importancia de analizar las relaciones hídricas de los frutales, para determinar la cantidad de agua necesaria por aplicar en árboles frutales (Hsiao, 1985).

Lo anterior permite establecer que es posible mejorar el uso y manejo del agua a escala de parcela, para conocer cómo intervienen las coberturas orgánicas en la conservación de la humedad en el suelo y determinar con mayor exactitud las necesidades hídricas de los frutales, de tal manera que puedan reducirse costos de producción y conservarse el recurso agua. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dos coberturas orgánicas (estiércol bovino y paja de maíz picada) y del suelo sin cobertura (suelo desnudo), así como de tres grados de tensión de humedad en el suelo y riego diario, sobre el consumo de agua y en la producción y calidad de fruto de ciruelo (*Prunus salicina* Lindl.) cv. Methley con fertirriego.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó, durante 1999, en un huerto de ciruelo (*Prunus salicina* Lindl.) cv. Methley de 12 años de edad, injertado sobre patrón Mirobolano, que dispone para la aplicación del agua con un sistema de fertirriego con cinta de goteo, con emisores separados en la regante cada 30 cm, y un caudal de emisión de 0.85 L h^{-1} , con una presión de operación

de 0.7 kg cm^{-2} , el cual se encuentra ubicado en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, estado de México.

El suelo es profundo a moderadamente profundo (90 a 150 cm), la textura varía con la profundidad de migajón arenosa a arenosa, bajo en materia orgánica y fertilidad, reacción ligera a extremadamente alcalina (Ortiz, 1979). El clima del lugar, de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García (1973), es templado subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación media anual es de 582 mm y la temperatura media de 16°C (Estación Meteorológica del Colegio de Postgraduados, Montecillo, 1988-1999).

Los tratamientos de cobertura consistieron en aplicar, en forma manual y en cada hilera de árboles, estiércol bovino seco (ES) y paja de maíz picada (PM), en bandas de 1.2 m de ancho por 5 cm de espesor, los cuales se han aplicado cada dos años, desde que se estableció el huerto en 1998. Se incluyeron, además, un tratamiento sin cobertura o suelo desnudo (SD); riego diario (T1) y tres tensiones de humedad en el suelo, 30 kPa (T2), 80 kPa (T3) y 150 kPa (T4). El diseño experimental fue un arreglo en parcelas divididas con distribución completamente al azar. La parcela grande estuvo constituida por dos tipos de cobertura y suelo desnudo, y la parcela chica por los tres contenidos de humedad y riego diario, con lo que se generaron 12 tratamientos, con tres repeticiones. La unidad experimental consistió de cinco árboles, de los cuales tres se consideraron como parcela útil. La fertilización se aplicó en el agua de riego (fertirriego) mediante el sistema de cintilla de goteo, en todos los tratamientos durante el período comprendido de febrero a junio de 1999, desde la brotación hasta la cosecha.

La fertilización fue uniforme para todos los tratamientos y se aplicó en tres etapas: 1) desde la brotación hasta el amarre de frutos 35.0 , 28.6 y 90 g árbol^{-1} de N, P y K, respectivamente; 2) desde amarre de fruto hasta la cosecha 70.0 , 83.9 y 120 g árbol^{-1} de N, P y K, respectivamente; y 3) desde la cosecha hasta la caída de hojas 70 y 120 g árbol^{-1} de N y K, respectivamente. Los fertilizantes comerciales utilizados fueron: nitrato de amonio, nitrato de potasio y ácido fosfórico. Los fertilizantes se aplicaron en el agua de acuerdo con el tratamiento de tensión de humedad, cada vez que en el suelo se llegaba al valor establecido para riego.

En el caso del riego diario (T1), la lámina aplicada se estimó en función de la evapotranspiración real del

cultivo (Etr), por el método del tanque evaporímetro tipo A, mencionado por Moya (1994); se siguió el procedimiento descrito por Moreno *et al.* (1999), de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Etp = Kp Ev \quad (1)$$

Donde: Etp = evapotranspiración potencial del cultivo, en mm d⁻¹; Ev = evaporación medida en el tanque tipo A, en mm d⁻¹; y Kp = coeficiente de tanque.

La evapotranspiración real del cultivo (Etr, en mm d⁻¹) se obtiene de multiplicar la Etp calculada con la Ecuación 1, por el coeficiente de desarrollo del cultivo (Kc). La lámina de agua aplicada en cada riego se obtuvo diario de la lámina evapotranspirada por el cultivo calculada (Etr), incluyendo una fracción de lavado y la eficiencia del sistema; la lámina total se obtuvo con la sumatoria de las láminas parciales, aplicadas a lo largo del ciclo del cultivo. El volumen de agua dosificado se calculó con la relación que resulta de dividir la lámina de riego entre la superficie efectiva de riego y el tiempo de riego se obtuvo dividiendo el valor del volumen calculado entre el caudal del sistema.

El control de los grados de tensión de humedad restantes (T2, T3 y T4) se hizo con un medidor de humedad digital WATERMARK, modelo 30 KTCD, con sensores de resistencia eléctrica calibrados para las condiciones del área experimental.

Las características físicas del suelo que se determinaron fueron: textura, por el método de Bouyoucos; densidad aparente, por el método de la barrena de volumen conocido y la curva característica de humedad. Los datos experimentales para la elaboración de la curva característica de humedad del suelo se obtuvieron en el laboratorio con el método de la olla y membrana de presión (Aguilera y Martínez, 1980), para cada tipo de cobertura y para tres estratos, y se ajustaron mediante un modelo no lineal que relaciona el contenido de humedad con la tensión a partir de tres parámetros, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Ph = \{ [Q / (T + C)]^{1/n} - R \} (P_{cc} - P_{pmp}) + P_{pmp} \quad (2)$$

Donde: Ph es el contenido de humedad gravimétrico, %; P_{cc} y P_{pmp} son el contenido de humedad gravimétrico a capacidad de campo y punto de marchitez permanente, %; T es la tensión de humedad,

bares; y R, Q, n y C son parámetros y constantes representados por las expresiones siguientes:

$$R = [P_{pmp} / (P_{cc} - P_{pmp})]; Q = [K / (P_{cc} - P_{pmp})^n]$$

Donde: K = CP_sⁿ, con P_s = porcentaje de humedad a saturación, y n = [Ln (15 + C / 0.3 + C) / Ln (P_{cc} / P_{pmp})],

Donde: C = 1.1122q^{-7.4147}, con q = [Ln (P_s/P_{pmp})/Ln (P_{cc} / P_{pmp})].

Con la Ecuación 2, se cuantificó la tensión para cada uno de los tratamientos expresada en contenido de humedad gravimétrico. Por otra parte, para determinar el contenido de humedad en el suelo, se instalaron sensores del dispositivo de medición WATERMARK; con lecturas registradas con el sensor, en kPa, y valores de humedad medidos con el método gravimétrico, en %, se corrió una regresión lineal cúbica con lo que se obtuvo la ecuación de calibración para los sensores, representada por la siguiente expresión:

$$Ph = -0.00002 (LS)^3 + 0.0042 (LS)^2 - 0.3437(LS) + 25.598 \quad (3)$$

Donde: Ph es el contenido de humedad gravimétrico, en %, y LS la lectura del sensor, expresada en kPa.

Después de determinar el contenido de humedad en el suelo con la Ecuación 3, la lámina de riego se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$Lr = [(P_{cc} - Ph)/100] \times Da \times Pr$$

Donde: Lr = lámina de riego, en cm; P_{cc} = contenido de humedad gravimétrico a capacidad de campo, %; Ph = contenido de humedad gravimétrico en el momento del muestreo, %; Da = densidad aparente, g cm⁻³; y Pr = profundidad de raíces, en cm.

Una vez que se obtuvo la lámina de riego (Lr) o el agua consumida por el cultivo, se pudo determinar el volumen de agua por adicionar y el tiempo de riego. La lámina total para cada tratamiento se obtuvo de la sumatoria de las láminas parciales, aplicadas en cada riego.

La productividad del agua se determinó en función de la cantidad de fruta producida por unidad de área (kg ha⁻¹), por unidad de agua aplicada (m³ ha⁻¹), de acuerdo con los conceptos de eficiencia de uso de agua vertidos por Al-Jamal *et al.* (2001). El ahorro de agua (en %), se determinó por regla de tres,

considerando la lámina de agua aplicada en el tratamiento sin cobertura como la de mayor consumo (100%).

En cada hilera de árboles se instalaron cuatro válvulas de control para poder manejar los cuatro grados de tensión de humedad establecidos como tratamientos.

Las variables en estudio fueron:

a) Tasa de crecimiento foliar (mm), la cual se cuantificó semanalmente, midiendo la longitud de cuatro hojas seleccionadas al azar de un árbol en cada unidad experimental. La tasa de crecimiento foliar se comparó para cinco fechas de medición, expresadas en grados días de desarrollo (GDD) acumulados. Los GDD acumulados se calcularon por el método residual (Torres, 1995) con base en las temperaturas máximas diarias (Tmax), mínimas diarias (Tmin), y temperatura base (Tb = 4.5 °C) del cultivo (Ramos, 1986). La fórmula empleada para el cálculo fue la siguiente:

$$GDD = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_b$$

La acumulación de GDD se inició cuando los árboles perdieron sus hojas, es decir, a partir del 1 de noviembre de 1998.

b) Amarre de frutos (%) se determinó contabilizando en cinco brotes de un árbol de cada unidad experimental el número de frutos que permanecieron en el brote a la cosecha, en relación con el total de frutos formados y contabilizados después de terminada la etapa de floración.

c) Rendimiento total (peso de fruto en g árbol⁻¹) se obtuvo al promediar el peso de los frutos colectados de los tres árboles que constituyeron la parcela útil de cada tratamiento y para cada repetición.

d) Calidad de fruta: en el momento de la cosecha se colectaron en forma aleatoria 15 frutos de cada tratamiento a los cuales se les hizo pasar por mallas de diferente diámetro, se determinó su peso promedio y se clasificaron en primera clase (frutos con peso mayor que 33 g), segunda clase (25 a 33 g) y de tercera clase (menor que 25 g); por otra parte, a estos mismos frutos también se les determinaron la concentración de azúcares (°Brix) y su diámetro.

Se realizó un análisis de varianza a las variables en estudio y, a las que mostraron diferencias significativas, se les efectuó la prueba de comparación

múltiple de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). El paquete estadístico utilizado fue SAS, versión 6.12.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para la misma tensión de humedad en el suelo de 30 kPa (T2), se encontró que los tratamientos con estiércol (ES) y paja de maíz picado (PM), al favorecer la infiltración lenta y evitar pérdidas por evaporación, incrementaron el intervalo de riego al aplicar agua al cultivo cada ocho y siete días, respectivamente, en relación con el tratamiento sin cobertura (SD) en el que se regó cada cuatro días. Por consiguiente, con la cobertura de estiércol, se aplicó el menor número de riegos (16), seguido del tratamiento con cobertura de paja de maíz con 18 riegos y del tratamiento sin cobertura con 20 (Cuadro 1). Lo anterior pone de manifiesto la efectividad de las coberturas orgánicas en la conservación del agua en el suelo, lo cual concuerda con lo obtenido por Castellanos (1984) y Rocha *et al.* (1990), y que quedó demostrado al aplicar una menor cantidad de agua con el tratamiento con cobertura de estiércol (504.9 mm de lámina total). El segundo lugar en efectividad fue para el de paja de maíz picada con 549.0 mm, comparado con el tratamiento sin cobertura en el que se aplicaron 632.1 mm de lámina. Esto se reflejó finalmente en el ahorro de agua de riego de 20.1 y 13.1%, obtenido con las coberturas de estiércol y paja de maíz, respectivamente, en relación con el agua aplicada al SD. El comportamiento observado para el tratamiento de 30 kPa fue similar en las tensiones de humedad de 80 y 150 kPa (Cuadro 1).

Respecto a la productividad del agua, se encontraron diferencias significativas para la interacción cobertura y contenido de humedad sólo para el tratamiento de riego diario (T1). La mayor productividad del agua se obtuvo con la interacción (T1 x ES), seguida por la interacción (T1 x PM), en último lugar quedó la interacción (T1 x SD). En cuanto al porcentaje de agua ahorrada, con la cobertura de estiércol se registró un ahorro de 36.4% respecto al suelo desnudo, cuando la tensión fue de 80 kPa (Cuadro 1).

En general, se encontró que las coberturas de estiércol y paja de maíz picada, aplicadas al cultivo del ciruelo, ayudaron a la conservación del agua en el suelo al obtener un ahorro importante de este recurso y mejorar su aprovechamiento con el incremento de la productividad.

Cuadro 1. Consumo, ahorro y productividad del agua del ciruelo en función de la aplicación de coberturas orgánicas y contenidos de humedad.

	Tipo de cobertura	Tensión de humedad en el suelo			
		Riego diario	30 kPa	80 kPa	150 kPa
Intervalo de riego (días)	Suelo desnudo		4	7	14
	Paja de maíz		7	13	17
	Estiércol bovino		8	14	19
Número de riegos	Suelo desnudo		20	17	12
	Paja de maíz		18	14	10
	Estiércol bovino		16	11	8
Lámina total (mm) [†]	Suelo desnudo	717.0	632.1	569.4	459.6
	Paja de maíz	717.0	549.0	442.4	429.3
	Estiércol bovino	717.0	504.9	362.4	319.4
Productividad del agua (kg de fruto m ⁻³) [‡]	Suelo desnudo	2.2b	2.7a	3.0a	4.9a
	Paja de maíz	3.7ab	4.0a	5.1a	5.6a
	Estiércol bovino	4.9a	3.9a	5.4a	5.6a
Agua ahorrada (%) [§]	Suelo desnudo		-	-	-
	Paja de maíz		13.1	22.3	6.6
	Estiércol bovino		20.1	36.4	30.5

[†] Valores de lámina de riego acumulada por tratamiento de humedad y por cobertura en todo el ciclo del cultivo.

[‡] Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales, Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

[§] Porcentaje de agua ahorrada por tratamiento de humedad y por cobertura en relación con la lámina total aplicada en el tratamiento sin cobertura (suelo desnudo).

Crecimiento Foliar

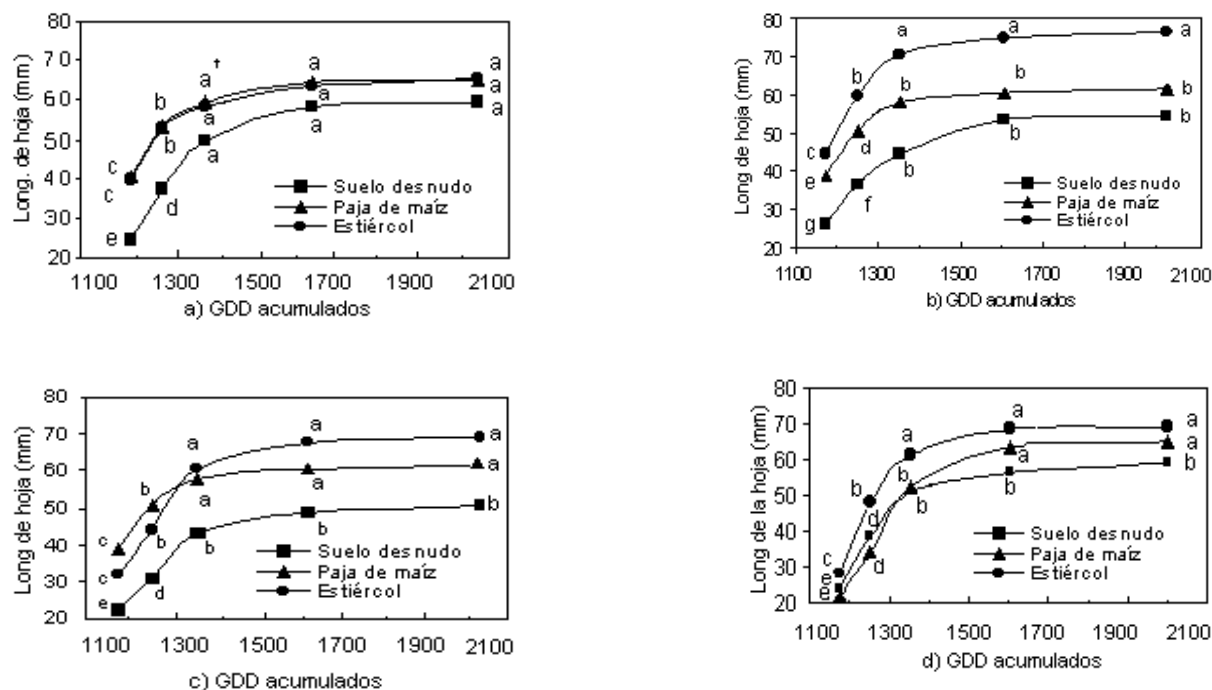
Al hacer la comparación de medias y considerar, por separado, el efecto de los factores cobertura y contenido de humedad: para el factor cobertura, se encontró que hubo diferencias significativas (Tukey $\alpha \leq 0.05$) en cuanto al crecimiento foliar con la aplicación de las coberturas de estiércol y paja de maíz, en relación con el testigo sin cobertura para las tres últimas fechas de muestreo, correspondientes al 1, 8 y 16 de abril (1353, 1606 y 2001 GDD acumulados) y para los tratamientos más secos (Figuras 1c y 1d). Por otra parte, en la Figura 1a, se observa que las coberturas de estiércol y paja de maíz picada tuvieron el mismo efecto sobre el crecimiento foliar al no haberse encontrado diferencias significativas (Tukey $\alpha \leq 0.05$) entre ellas, ni con el SD y cuando el agua no fue una limitante (riego diario), a excepción de las dos primeras fechas de muestreo del 16 y 23 de marzo (1173 y 1251.8 GDD acumulados), cuando el suelo desnudo presentó crecimientos foliares menores.

Para el factor humedad, el mayor efecto de la tensión de humedad en el suelo sobre el crecimiento de las hojas se encontró con el tratamiento de riego diario (T1) y el menor con el tratamiento más seco T4 (150 kPa), para la fecha de medición del 16 de marzo

(1173 GDD acumulados) y en los diferentes tipos de coberturas (Figuras 1a y 1b).

Para la interacción tipo de cobertura y contenido de humedad, el análisis estadístico mostró que existen diferencias significativas y el mayor crecimiento de hojas (Tukey $\alpha \leq 0.05$) se obtuvo con la cobertura de estiércol y contenido de humedad T2 (30 kPa) para las dos primeras fechas de muestreo (Figura 1b), correspondientes al 16 y 23 de marzo (1173 y 1251.8 GDD acumulados). En la misma figura, se observa un comportamiento similar en el crecimiento foliar con la cobertura de paja de maíz y tratamiento sin cobertura, para las mismas fechas de muestreo, pero inferior al tratamiento con estiércol.

En general, puede decirse que el mayor efecto sobre el crecimiento de hojas se tuvo cuando existió una mayor disponibilidad de agua (riego diario) en el suelo para ser aprovechada por el árbol, lo cual coincide con lo expresado por De Santa Olalla y De Juan Valero (1993), y se prolongó cuando el suelo se protegió con la cobertura de estiércol que evitó la pérdida de agua por evaporación y conservó más la humedad, que concuerda con lo reportado por Castellanos (1984), Rocha *et al.* (1990) y Schertz y Bushnell (1993), mientras que cuando hay un déficit hídrico, los efectos más visibles son: la reducción del tamaño de planta y superficie foliar, como sucedió



† Valores con la misma letra en la misma línea son iguales, según Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Figura 1. Tasa de crecimiento foliar en función de GDD, tipo de cobertura y contenido de humedad.
a) riego diario, b) 30 kPa, c) 80 kPa y d) 150 kPa.

con el tratamiento T4 (150 kPa). Es importante señalar, que el crecimiento foliar tiene relación estrecha con el rendimiento y la calidad de los frutos, ya que la planta, al tener una mayor área foliar, puede sintetizar una mayor cantidad de carbohidratos y la energía que de aquí se desprende puede utilizarse en la producción de frutos.

Amarre de Fruto

El análisis de varianza mostró que existen diferencias estadísticas significativas para la interacción cobertura y humedad en el amarre de frutos; de acuerdo con la prueba de comparación de medias (Tukey $\alpha \leq 0.05$), el mayor amarre de frutos se obtuvo con la cobertura de estiércol y contenido de humedad T1, con riego diario (Cuadro 2). Lo anterior se debe a que, cuando existe una mayor disponibilidad de agua y, por lo tanto, una mayor disponibilidad de nutrientes para la planta, hay un mayor amarre de frutos.

Por otra parte, cabe señalar que los tratamientos de humedad establecidos en suelo desnudo presentaron el menor porcentaje de amarre (Cuadro 2). Sin embargo, para el contenido de humedad T1 (riego diario), donde se esperaba un mayor amarre de frutos, esto no ocurrió así y fue superado por el tratamiento más seco (T4). Esto se debió, en parte, a que la mayor frecuencia de riego provocó el adelanto y la reducción del periodo de floración, por lo que ésta fue afectada fuertemente por las heladas tempranas y, a medida que el intervalo de riego se incrementó, como en el caso de los tratamientos T2, T3 y T4, el periodo de floración se alargó. El daño en éstos fue menor, lo cual se reflejó, de manera directa, en el amarre de frutos y se demostró al presentarse esta misma tendencia en el rendimiento total.

En general, se puede decir que el amarre de fruto en los tratamientos evaluados fue bajo, ya que osciló entre 10 y 25%, comparado con la autofertilidad de 31%, reportada por Almaguer (1986), para el

Cuadro 2. Rendimiento total y por tamaño de fruto y amarre de fruto de acuerdo con el efecto de cobertura y contenido de humedad.

Tipo de cobertura	Contenido de humedad	Rendimiento				Amarre de fruto
		Total	Primera	Segunda	Tercera	
	kPa	g árbol ⁻¹				%
Suelo desnudo	Riego diario	3009.1 b	179.4 b	1445.8 b	1383.9 a	11.4 b
	30	3305.2 b	83.3 b	1284.8 b	1937.1 a	12.3 b
	80	3319.1 b	146.8 b	1129.8 b	1942.5 a	12.1 b
	150	4364.0 ab	34.4 b	1206.9 b	3122.8 a	17.3 a
Paja de maíz	Riego diario	5212.9 a	677.7 a	2746.8 a	1788.3 a	19.1 a
	30	4284.0 ab	225.0 b	2019.4 b	2039.6 a	16.0 a
	80	4387.3 ab	116.9 b	1604.1 b	2666.3 a	16.7 a
	150	4664.1 ab	191.9 b	1851.6 b	2620.6 a	17.3 a
Estiércol bovino	Riego diario	6825.9 a	975.6 a	2826.2 a	3024.1 a	24.6 a
	30	3834.0 b	340.1 b	1624.7 b	1869.2 a	14.3 b
	80	3848.2 b	255.3 b	1567.5 b	2025.4 a	14.6 b
	150	3497.6 b	427.7 b	1765.8 b	1304.1 a	12.5 b
CV		23.01	93.78	28.47	35.72	20.34
Nivel de significancia		*	*	*	NS	**
Factor		(C x H)	(H)-(C)	(H)	(C x H) (H)-(C)	(C x H)

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

*, **, NS = Significancia a 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

Primera (mayor que 33 g); segunda (25 a 33 g); tercera (menor que 25 g).

cv. Methley. Los bajos valores obtenidos se debieron a que en la etapa de floración y polinización se presentaron heladas que afectaron considerablemente la formación de frutos. Esto concuerda con lo expresado por Luckwill (1974) y Jackson y Palmer (1977), al mencionar que el factor que mayor efecto tiene sobre el amarre de fruto es la temperatura, ya sea baja o alta, una o dos semanas posteriores al inicio de la floración.

Rendimiento de Fruto

El análisis de varianza mostró que sólo existen diferencias significativas para la interacción cobertura y contenido de humedad sobre el rendimiento total de frutos. De acuerdo con el análisis de comparación de medias (Tukey $\alpha \leq 0.05$), para la interacción cobertura y contenido de humedad, los tratamientos con coberturas de estiércol y paja de maíz con riego diario (ES x T1 y PM x T1) son los que presentaron el mayor rendimiento, 6825.9 y 5212.9 g árbol⁻¹, respectivamente, siendo estadísticamente iguales y el menor rendimiento fue para el tratamiento sin cobertura (suelo desnudo) con riego diario (SD x T1) con 3009.1 g árbol⁻¹ (Cuadro 2). Este comportamiento se debe a que, cuando existe una mayor disponibilidad de agua en el suelo, como en el caso del riego diario

(T1), la planta puede absorber con mayor facilidad el agua y los nutrimentos que necesita para su desarrollo. Por otra parte, las coberturas de estiércol (ES) y de paja de maíz (PM) evitaron que el agua se perdiera por evaporación y ayudaron a mejorar las características físicas y de fertilidad del suelo (López, 2001), propiciando una mayor retención de agua (Cuadro 1) y mayor concentración de N, P y K, que coincide con lo expresado por Trocmé y Gras (1972), Castellanos (1984), Schertz y Bushnell (1993) y Starbuck (2000).

Para el rendimiento de primera clase, el análisis de varianza mostró que existen diferencias estadísticas entre tratamientos de cobertura y contenido de humedad. El análisis por comparación de medias (Tukey $\alpha \leq 0.05$) mostró que hubo un mayor efecto sobre el rendimiento de primera clase con la cobertura de estiércol (ES), en segundo lugar quedó la cobertura de paja de maíz (PM). Al considerar sólo el contenido de humedad, el mayor efecto se tuvo con riego diario (T1). Lo anterior indica que la aplicación de las coberturas de estiércol y de paja de maíz ayudaron a incrementar la calidad de los frutos del ciruelo, por mejorar las propiedades físicas y de fertilidad del suelo, lo que dio por resultado una mayor retención y disponibilidad de agua y nutrimentos. Por otra parte, con la aplicación del riego diario (T1), también se

Cuadro 3. Parámetros de calidad del fruto por clase de acuerdo con el efecto tipo de cobertura y contenido de humedad.

Tipo de cobertura	Contenido de humedad	Concentración de azúcares			Peso			Diámetro		
		Primera	Segunda	Tercera	Primera	Segunda	Tercera	Primera	Segunda	Tercera
	kPa	°Bx			g			mm		
Suelo desnudo	R. diario	18.0 ab	16.1 a	16.2acd	38.8 a	28.0 a	22.1 a	25.0 a	20.4 a	17.8 a
	30	15.8 b	16.0 a	15.2bcd	34.6 ab	27.2 a	21.5 a	22.8 ab	20.0 a	17.4 a
	80	15.8 b	15.9 a	15.7acd	34.4 ab	28.8 a	21.9 a	22.7 ab	20.8 a	17.8 a
	150	15.0 b	15.7 a	14.8 bd	36.1 ab	26.9 a	21.3 a	23.1 ab	19.7 a	17.1 a
Paja de maíz	R. diario	18.0 ab	16.1 a	15.5acd	34.6 ab	28.4 a	22.0 a	22.5 b	20.7 a	17.5 a
	30	17.2 ab	16.7 a	15.6acd	34.6 ab	28.6 a	21.1 a	23.4 ab	20.7 a	17.1 a
	80	16.2 ab	16.7 a	15.7acd	33.7 ab	27.7 a	21.4 a	22.7 ab	20.6 a	17.2 a
	150	16.2 ab	16.9 a	17.0acd	34.4 ab	28.7 a	22.3 a	22.8 ab	20.8 a	17.4 a
Estiércol bovino	R. diario	18.1 a	17.6 a	17.7 ac	35.9 ab	29.0 a	22.4 a	23.5 ab	21.0 a	18.0 a
	30	19.5 a	18.8 a	18.2 a	35.2 ab	28.5 a	23.0 a	22.8 ab	20.5 a	18.2 a
	80	18.5 a	18.2 a	17.3acd	35.1 ab	29.3 a	22.7 a	22.8 ab	20.9 a	18.1 a
	150	18.2 a	17.1 a	16.4acd	37.0 ab	29.5 a	21.1 a	24.0 ab	21.2 a	17.4 a
C.V.		7.82	3.45	5.61	3.24	3.69	4.89	2.34	2.93	4.61
Nivel de significancia		*	NS	*	**	*	NS	**	*	NS
Factor		C	CxH-C-H	CxH-C	C x H	C	CxHC- H	C x H	C	CxH-C-H

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

*, **, NS = Significancia a 0.05, 0.01 y no significativo, respectivamente.

mejoraron el rendimiento y la calidad de los frutos, al aumentar la disponibilidad de agua y de nutrimentos en el suelo, requiriéndose un menor gasto de energía para su extracción (Cuadro 2). Esto coincide con lo expresado por Chalmers *et al.* (1985), en relación con que la producción y el tamaño del fruto es proporcional al uso del agua; por el contrario, si el abastecimiento no es el adecuado, se reduce la producción de biomasa.

En cuanto al rendimiento de frutos de segunda clase, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas sólo para el factor contenido de humedad y, de acuerdo con los resultados del análisis de comparación de medias (Tukey $\alpha \leq 0.05$), el mayor efecto se tuvo con el riego diario (T1) y el menor con T3 (80 kPa), como se puede observar en el Cuadro 2.

Para los frutos de tercera (Cuadro 2), el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas y el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento de suelo desnudo (SD) con contenido de humedad T4 (150 kPa) y el menor con la cobertura de estiércol (ES) con el mismo contenido de humedad; lo anterior se explica ya que, al haber una menor disponibilidad de agua en el suelo, la planta produce la mayoría de sus frutos de menor tamaño.

Calidad de Fruto

El análisis estadístico para peso y diámetro de fruto mostró que existen diferencias significativas en la interacción (C x H). En frutos de primera calidad, de acuerdo con el análisis de comparación de medias (Tukey $\alpha \leq 0.05$), el mayor peso y diámetro se encontró con riego diario (T1) y suelo sin cobertura (SD), (Cuadro 3). Los valores obtenidos para el peso de fruto son similares a los reportados por Florez (1994) y Berlanga (1996), y oscilaron en un rango de 22.9 a 34.6 g.

El análisis estadístico para concentración de azúcares (°Brix) en frutos de ciruelo mostró que existen diferencias significativas en la interacción tipo de cobertura y contenido de humedad (C x H) para los frutos de tercera calidad y la mayor concentración, de acuerdo con la prueba de medias (Tukey $\alpha \leq 0.05$), se obtuvo con la cobertura de estiércol (ES) con contenido de humedad T2 (30 kPa), mientras que la menor se obtuvo con el contenido de humedad T4 (150 kPa) sin cobertura.

También se encontraron diferencias significativas cuando se consideró sólo el factor tipo de cobertura en la calidad de frutos de primera y tercera clase. La prueba de comparación de medias (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

indicó que la cobertura de estiércol fue la que presentó una mayor concentración de azúcares, en °Brix, (Cuadro 3).

De acuerdo con los valores obtenidos (14.8 a 19.5 °Brix), la concentración de azúcares en los frutos de ciruelo se encuentra dentro del intervalo normal y por arriba de los reportados por Villar (1989), entre 13.1 y 15.6 °Brix para el cv. Methley y semejantes a los encontrados por Berlanga (1996) de 15.7 y 18.0 °Brix. Por otra parte, al analizar los tres tipos de calidad de los frutos (1a, 2a y 3a clase), se encontró que existe una relación directa entre el diámetro o el peso del fruto y la concentración de azúcares, es decir, a menor tamaño o peso se tiene una menor concentración de azúcares y *viceversa* (Cuadro 3).

CONCLUSIONES

Para la misma tensión de humedad en el suelo de 30 kPa (T2) se encontró, que la cantidad total de agua aplicada en el ciruelo fue menor cuando el suelo se cubrió con las coberturas orgánicas de estiércol y paja de maíz que cuando no hubo cobertura (SD), con láminas de 504.9, 549.0 y 632.1 mm, respectivamente, lo que se reflejó finalmente en ahorro de agua de 20% en la cobertura de estiércol y de 13% en la de paja de maíz en relación con el tratamiento sin cobertura. El comportamiento observado para T2 (30 kPa) fue similar en los tratamientos con tensiones de humedad de 80 y 150 kPa.

La mayor productividad del agua se obtuvo con las interacciones de riego diario con las coberturas de estiércol y paja de maíz (ES x T1 y PM x T1), quedando en último lugar la obtenida con SD x T1.

El crecimiento foliar se vio favorecido cuando existió una mayor disponibilidad de agua en el suelo, sobresaliendo el tratamiento de estiércol y riego diario.

En cuanto al amarre de frutos, el mayor efecto también se logró con el tratamiento de estiércol y riego diario.

La interacción tipo de cobertura y contenido de humedad (C x H) tuvo un efecto positivo sobre el rendimiento total y los mayores rendimientos (6825.9 y 5212.9 g árbol⁻¹) y calidad de fruto de primera y segunda clase se obtuvieron con las coberturas de ES y PM y riego diario (ES x T1 y PM x T1); por otra parte, en el tratamiento con tensión de humedad en el suelo de 150 kPa y sin cobertura produjo el mayor número de frutos pequeños clasificados como de tercera calidad. Con la cobertura de estiércol se

mejoró la calidad de los frutos en cuanto al diámetro ecuatorial, peso y concentración de azúcares a valores superiores a los reportados para esta misma variedad.

LITERATURA CITADA

- Aguilera C., M. y R. Martínez E. 1980. Relaciones agua suelo planta atmósfera. 2a ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Al-Jamal, M., S.S. Bell y T.W. Sammis. 2001. Comparison of sprinkler, trickle and furrow irrigation efficiencies for onion production. *Agric. Water Manage.* 46: 253-266.
- Almaguer V., G. 1986. Caracterización de cuatro cultivares de ciruelo japonés *Prunus salicina* Lindl. en Chapingo, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Berlanga R., D.I. 1996. Efecto del boro y el anillado en el amarre y la calidad del fruto de ciruelo japonés (*Prunus sp.*). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Castellanos R., J.Z. 1984. El estiércol para uso agrícola en la región Lagunera. Folleto Técnico 1. Campo Agrícola Experimental de La Laguna. Matamoros, Coah., México.
- Chalmers, D.J., P.D. Mitchel y P.H. Jerie. 1985. The relation between irrigation, growth and productivity of peach. *Acta Horticulturae* 173: 283-288.
- Cohen, M. 1994. Cálculo y control del riego en cultivos arbóreos. pp. 1-35. *In: Producción y economía de frutos secos.* Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA). Barcelona, España.
- De Santa Olalla M, F.M. y J.A. De Juan Valero. 1993. Agronomía del riego. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Florez M., A.J. 1994. Evaluación de aplicación de Ethrel y cloruro de calcio en maduración de ciruelo japonés (*Prunus salicina* LxP. Cerasifera E.) cv. Methley. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Universidad Autónoma de México. México, DF.
- Hsiao, T.C. 1985. Physiological aspects of water use by trees. pp. 68-71. *In: D. Ramos (ed.). Walnut orchard management.* Cooperative Extension Service. University of California. Davis, CA.
- Jackson, J.E. y J.W. Palmer. 1977. Effects of shade on the grow and cropping of apple trees. II. Effects on components of yield. *J. Hort. Sci.* 52: 253-266.
- López J., A. 2001. Fisiología, nutrición y producción del ciruelo en función del tipo de coberturas orgánicas en suelo con pH alcalino. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Luckwill, L.C. 1974. A new look at the process of fruit formation in apple. pp. 237-245. *In: Proc. 19th. Int. Hort. Congr. Vol. 3.* International Society of Horticultural Sciences. Warszawa, Poland.
- Moreno A., S., L. Tijerina Ch., R. Acosta H., V.M. Ruiz C., F.S. Zazueta. R. y G. Crespo P. 1999. Automatización de un sistema de riego localizado, aplicado a una plantación de durazno. *Agrociencia* 33: 191-197.
- Moya T., J.A. 1994. Riego localizado y fertirrigación. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Ortiz S., C.A. 1979. Levantamiento de suelos del campo experimental de Montecillo. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

- Ramos V., R. 1986. Cianamida de hidrógeno en la terminación de reposo de yemas de ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.) en Chapingo, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Razeto B. y S. Rojas. 1986. Fertilizantes nitrogenados en duraznero. Agric. Téc. 46: 41-51.
- Rocha M., R., J.L. Tovar S., C.A. Ortiz S. y C. Ramírez A. 1990. Efecto de coberturas orgánicas sobre el comportamiento de la humedad y temperatura del suelo. Agrociencia 1: 127-140.
- Schertz, D.L. y J.C. Bushnell. 1993. Crop residue management action plans. J. Soil Water Conserv. 48: 175-184.
- Shock, C.C., E.B.G. Feibert y L.D. Saunders. 1998. Onion yield and quality affected by soil water potential as irrigation threshold. HortScience 33: 1188-1191.
- Starbuck, C.J. 2000. Mulches. University Extension. University of Missouri. Columbia, MO.
- Torres R., E. 1995. Agro-Meteorología. 1a ed. Trillas. México.
- Trocmé S. y R. Gras. 1972. Suelos y fertilización en fruticultura. Trad. al español por J.I. de la Vega. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Vaclav, S. 1999. Crop residues. Agriculture's largest harvest. BioScience 49: 299-308.
- Villar M., M.A. 1989. Efectos de la poda de verano en ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.