

PAJA DE MAÍZ COMO SUSTRATO EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE JITOMATE

Corn Straw as Substrate in Growth of Tomato Seedlings

Sergio Muratalla-Lúa¹, Ma. de las Nieves Rodríguez-Mendoza^{1‡}, Prometeo Sánchez-García¹, Leonardo Tijerina-Chávez¹, José Antonio Santizo-Rincón¹ y Alfredo López-Jiménez¹

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la paja de maíz como sustrato, con granulometrías de 0.5 a 1 mm y de 1 a 2 mm, sola o mezclada con tezontle, como medio para el crecimiento de plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Con el propósito de eliminar de la paja los ácidos fenólicos reportados como fitotóxicos, se aplicaron dos métodos de extracción: 1) agua a temperatura de 70 °C y 2) solución de hidróxido de sodio a 1%. Para probar la efectividad de estos sustratos, solos y mezclados, se evaluaron siete tratamientos: dos resultantes de la mezcla de paja con tezontle, cuatro de paja sola y un testigo (mezcla de tezontle, perlita, turba y tierra de hoja), utilizado por productores de plántulas. El experimento se estableció en un diseño en bloques completos con tratamientos aleatorizados, con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($\alpha \leq 0.05$) en las variables: altura de plántula, diámetro de tallo, área foliar y relación vástago:raíz. El sustrato de paja de maíz (partícula de 1 a 2 mm) tratado con agua caliente y mezclado con tezontle, en proporción 1:1 (v/v), presentó la menor concentración de ácidos fenólicos; además, los valores de las variables evaluadas en las plantas fueron estadísticamente iguales a las que crecieron en el sustrato testigo.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill., ácidos fenólicos, fototoxicidad, granulometría, sustratos.

SUMMARY

Corn straw of 0.5-1 and 1-2 mm diameter, alone or combined with "tezontle", was evaluated as substrate to

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, estado de México.

[‡] Autor responsable (marinie@colpos.mx)

Recibido: marzo de 2003. Aceptado: febrero de 2006.

Publicado en *Terra Latinoamericana* 24: 319-325.

grow tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seedlings. In order to eliminate phenolic acids reported as toxic for plants. Two extraction methods were used: 1) water at 70 °C and 2) sodium hydroxide at 1%. To test corn straw effectiveness alone or combined, seven treatments were tested: two resulted from a mixture of corn straw and "tezontle", four from straw alone, and a control (mixture of "tezontle", perlite, sphagnum, and wood earth) which is used to germinate seedlings. The experiment was set up in a completely randomized block design with four replications. The results showed significant differences among treatments ($\alpha \leq 0.05$) for the variables plant height, stem diameter, foliar area, and for shoot:root ratio. Corn particles of 1-2 mm diameter treated with hot water and combined with "tezontle" at 1:1 (v/v) showed the lowest phenolic acid concentration, furthermore, values of variables evaluated were statistically equal to those grown in the control mixture.

Index words: *Lycopersicon esculentum* Mill., phenolic acids, phytotoxicity, particle size, substrate.

INTRODUCCIÓN

La producción comercial de plántulas de hortalizas para trasplante requiere de grandes volúmenes de sustratos. En México, para producir plántulas, se utilizan como sustratos principales el bonote de coco y la turba. La paja de maíz es una fuente potencial que se usa como sustrato, debido a su abundancia en México (49 x 10⁶ Mg anuales) (SARH, 2000), pero existe poca información de su uso como tal. Uno de los principales problemas en el uso de sustratos orgánicos, como es la paja de maíz, es la liberación de sustancias que causan toxicidad e inhibición en la germinación y desarrollo de las plántulas; estos compuestos se forman a partir de la degradación de la lignina e hidrólisis de los taninos localizados en el rastrojo (Lemaire *et al.*, 2003).

Las sustancias reportadas como responsables de estos desórdenes fisiológicos en el desarrollo de las plántulas son los ácidos fenólicos, entre ellos:

p-hidroxibenzoico, ferúlico y p-coumárico (Putman, 1994). Son pocos los trabajos realizados con rastrojo de maíz para utilizarse como sustrato. Uno de los tradicionales es el de Guenzi y McCalla (1962), quienes cuantificaron 11 320 mg kg⁻¹ de ácidos fenólicos, utilizando como extractante una solución de hidróxido de sodio 2M. Teres *et al.* (1995) disminuyeron 90% de la concentración de ácidos fenólicos en sustratos hechos con base en corteza de corcho, mediante la inmersión y el lavado en agua caliente (60 a 70 °C), y redujeron significativamente el efecto fitotóxico en este material.

Aunque los métodos utilizados para extraer los ácidos fenólicos disminuyen, de manera considerable, su concentración en la paja, permanecen residuos que se liberan a lo largo del desarrollo del cultivo y éstos se lixivian con los riegos aplicados y la actividad microbiana presente en el sustrato.

El propósito de la presente investigación fue determinar algunas propiedades físicas y químicas de un sustrato hecho con base en paja de maíz y evaluar su potencial en el crecimiento de plántulas de jitomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se dividió en dos etapas. La primera consistió en una serie de determinaciones físicas y químicas en sustratos y mezclas de sustratos (Cuadro 1). Las pruebas físicas incluyeron densidad aparente, con el método de la probeta (Ansorena, 1994), y densidad real, por picnometría de líquidos (Téres *et al.*, 1995). Éstas se utilizaron para determinar la porosidad relativa del sustrato y la porosidad efectiva, respectivamente. El contenido de humedad se obtuvo con el método de la columna colgante (De Boodt y Verdonck, 1972), el cual involucra agua fácilmente disponible, agua de reserva y agua total disponible.

Las propiedades químicas se analizaron, en los sustratos, una vez establecidos en el invernadero y se agregaron los tratamientos, con y sin agua caliente. La primera determinación fue en tiempo cero, que

corresponde al tiempo en que se realizaron las pruebas físicas. El experimento duró cuatro semanas y en cada una de éstas, en los sustratos, se determinó pH (potenciómetro, Hanna Instruments), conductividad eléctrica (CE, conductímetro, Hanna Instruments) y concentración de ácidos fenólicos (Swain y Hills, 1959; Jones, 1997). Para esta última se utilizó el mismo extracto del sustrato en el que se midieron el pH y la conductividad eléctrica. La cuantificación de ácidos fenólicos se hizo colocando, en un tubo de 10 mL, 2.1 L del extracto, se agregaron 150 µL de Folin Ciocalteau's (Sigma), se agitó y se dejó reposar por 3 min; posteriormente, se adicionaron 300 µL de una solución saturada de carbonato de sodio (Na₂CO₃) y 450 µL de agua destilada, se volvió a agitar y se dejó reposar 20 min. De acuerdo con los autores, el viraje de la solución a un tono azulado confirma la presencia de ácidos fenólicos. La lectura se obtuvo en un espectrofotómetro (Espectronic 20, Bausch & Lomb), previamente ajustado para la lectura de 725 nm. Para obtener la concentración de fenoles, se preparó una curva estándar con fenol, en concentración de 0 a 20 µg mL⁻¹, y, a partir de los valores de absorbancia de cada dilución, se calcularon los fenoles en los extractos.

La segunda etapa del experimento fue la evaluación de los sustratos en invernadero, del 10 de septiembre al 10 de octubre del 2002. Los almácigos se establecieron en charolas de polietileno negro de 200 cavidades con un volumen por cavidad de 13 mL. Para elaborar los sustratos, se utilizó paja de maíz molida y tamizada a dos tamaños de partícula: de 0.5 a 1 mm y de 1 a 2 mm. Asimismo, se utilizó tezontle tamizado con un tamaño de partícula de 1 a 2 mm. Para disminuir la fitotoxicidad de la paja por los ácidos fenólico liberados, antes de utilizar el sustrato se aplicaron dos métodos de extracción: 1) hidróxido de sodio a 1% y 2) agua a 70 °C. La proporción paja:solución extractante fue de 1:1.5 (v/v). La mezcla se dejó reposar por 30 min y se dieron tres lavados con agua potable. En el caso de la paja tratada con agua caliente, el proceso se repitió tres veces. Posteriormente, la paja se secó al aire y se procedió a preparar los sustratos, de acuerdo con los tratamientos (Cuadro 2).

El diseño experimental fue en bloques completos con cuatro repeticiones y siete tratamientos aleatorizados; cada repetición se constituyó de 20 alveólos. La siembra se realizó el día 10 de septiembre de 2002. Se utilizó semilla de jitomate cultivar Río Grande (PetoSeed). La emergencia ocurrió siete días después de la siembra.

Cuadro 1. Descripción de los sustratos en estudio.

Sustrato	Descripción
S1-testigo	Tezontle 15% + perlita 10% + turba 40% + tierra de hoja 35%
S2-paja:tezontle	Tezontle 50% + paja (1 a 2 mm) 50%
S3-paja	Paja (1 a 2 mm)
S4-paja	Paja (0.5 a 1 mm)

Cuadro 2. Sustratos establecidos en invernadero para la evaluación del crecimiento de plántulas de jitomate.

Tratamiento	Descripción
T1	Tezontle 15% + perlita 10% + turba 40% + tierra de hoja 35%
T2	Tezontle 50% + paja (1 a 2 mm) 50%. Tratamiento AC
T3	Tezontle 50% + paja (1 a 2 mm) 50%. Tratamiento con NaOH
T4	Paja (1 a 2 mm). Tratamiento con AC
T5	Paja (1 a 2 mm). Tratamiento con NaOH
T6	Paja (1 a 2 mm) 50% + paja (0.5 a 1 mm) 50%. Tratamiento con AC
T7	Paja (1 a 2 mm) 50% + paja (0.5 a 1 mm) 50%. Tratamiento con NaOH

AC = sustrato con tratamiento de agua caliente a 70 °C.

En este momento se inició la aplicación de la solución nutritiva de Steiner (Ansorena, 1994), con una relación amonio:nitrato de 30:70, con una concentración de 25% a 14 días, 50% a 21 días y 100% a 30 días. El riego se aplicó dos veces por día.

Las plántulas se cosecharon 30 días después de la siembra (DDS). Se midieron altura de plántula (desde la superficie del sustrato hasta la parte apical), diámetro de tallo (con un vernier, a una altura de 3 cm sobre el sustrato), área foliar (con el integrador LI_CORLI-3000®) y relación vástago:raíz.

El análisis estadístico de las variables en estudio se hizo con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas de los Sustratos

La densidad aparente de un sustrato es la relación entre la masa o el peso de las partículas y el volumen aparente que éstas ocupan. La mayoría de las veces, son valores que están entre 0.1 y 0.6 g cm⁻³ (Burés,

1998). En el análisis de los sustratos, el Sustrato 3, paja con partículas de 1 a 2 mm (0.125 g cm⁻³), presentó la densidad más baja; el valor más alto correspondió al Sustrato 2 (mezcla de paja y tezontle) que correspondió a 0.452 g cm⁻³. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre sustratos y los valores obtenidos fueron superiores al intervalo de 0.064 g cm⁻³ hasta 0.272 g cm⁻³, reportado por Burés (1998).

La densidad real en los sustratos en estudio varió de 1.204 g cm⁻³ hasta 1.977 g cm⁻³ (Cuadro 3). La importancia de esta evaluación radica en la estabilidad de las plantas en el recipiente y en el manejo de los almácigos (Ansorena, 1994). Los sustratos con un solo tamaño de partícula presentaron valores menores que los reportados como ideales (1.45 a 2.65 g cm⁻³). Esto indica que los Sustratos 1 y 2 presentan más estabilidad para su uso en el almácigo.

La porosidad total en un sustrato es el espacio ocupado por agua a saturación y se representa en una curva característica como succión cero (De Boodt *et al.*, 1974). Ansorena (1994) indicó que un sustrato adecuado para plantas en maceta deberá tener una porosidad total superior a 85% en volumen. En el análisis de los sustratos en estudio, se observó que la paja con tamaño de partícula de 1 a 2 mm presentó 90.17% de porosidad total y cuando éste disminuyó, el valor fue de 88.88%. Con relación a esta variable, ambos sustratos son útiles para su uso en macetas.

La porosidad efectiva es la porosidad percolante, abierta o interconectada, que contribuye a la retención y el movimiento del agua en el sustrato (Burés, 1998). De Boodt y Verdonck (1972) indicaron la importancia de esta variable para referirse a la calidad de un sustrato, ya que permite el intercambio de gases entre las raíces y el sustrato. Se recomienda una porosidad de 10 a 30% para garantizar el desarrollo de la raíz. El sustrato hecho de paja y tezontle (S2) presentó el valor más alto de esta variable; en parte, esto se debe a la mezcla de dos

Cuadro 3. Propiedades físicas de los sustratos a base de paja de maíz.

Sustrato	Densidad aparente ----- g cm ⁻³ -----	Densidad real	Porosidad total ----- % -----	Porosidad efectiva [†]
S1- testigo	0.411 b	1.977 a	80.19 b	4.61 d
S2- paja:tezontle (1 a 2 mm)	0.452 a	1.868 b	75.17 c	40.91 a
S3- paja (1 a 2 mm)	0.125 d	1.204 d	90.17 a	10.59 b
S4- paja (0.5 a 1 mm)	0.136 c	1.396 c	88.88 a	7.61 c
DMS (Tukey, $\alpha = 0.05$)	0.007	0.04	1.784	2.33
CV (%)	1.195	1.545	1.32	9.05

[†] determinada a 10 cm de tensión.

sustratos con tamaño de partícula diferente. La adición de tezontle, como componente en el Sustrato 2, incrementó casi cuatro veces la porosidad efectiva, en comparación con la evaluación de la paja sola (10.59%). El Sustrato 3 también se encontró dentro del intervalo recomendable. Estas diferencias determinan en qué cultivos utilizar uno u otro sustrato. Cuando se requiere de más humedad, se sugiere aquél con mayor porcentaje de porosidad efectiva, como sería el caso de plantas de frambuesa.

La determinación del volumen de agua fácilmente disponible es la diferencia entre el volumen del agua retenida, a capacidad del recipiente, y el volumen de agua presente en dicho sustrato, a una succión de columna de 50 cm de agua. De los cuatro sustratos evaluados, únicamente el testigo (S1) tiene el volumen adecuado de agua fácilmente disponible (26.65%), dado que los intervalos se encuentran entre 20 y 30% (Abad, 1995). Los sustratos con paja retienen cantidades de agua cerca de los valores aceptados, sin embargo, cuando se mezclan con el tezontle, este valor disminuye hasta 9.14% (Cuadro 4).

El agua de reserva es el volumen de agua disponible entre succiones de 50 y 100 cm de columna de agua y es el volumen de agua que está disponible durante más tiempo para la planta. Los sustratos a base de paja y tezontle (S2) y el de paja, de 0.5 a 1 mm (S4), están dentro del intervalo recomendable. Es importante mencionar que tanto la mezcla de tezontle y rastrojo de paja en partícula pequeña, como el rastrojo en partícula grande (1 a 2 mm) favorecen el volumen de agua de reserva.

El agua total disponible es la suma del agua fácilmente disponible y del agua de reserva. Los valores recomendables que mencionó Ansorena (1994) van de 24 a 40%, mismos que se consideran como ideales. Los cuatro sustratos en estudio están dentro del intervalo óptimo.

En la curva de liberación de agua no se observan diferencias significativas, en la mayoría de los sustratos, a excepción del sustrato hecho de la mezcla de paja y tezontle (S2) que, conforme se incrementa la tensión hídrica, libera con más facilidad el agua (Figura 1).

Propiedades Químicas de los Sustratos

Las lecturas de pH variaron desde antes de la siembra, dependiendo del sustrato: el Sustrato testigo (T1) presentó el pH más bajo (5.9) y el Sustrato 7

Cuadro 4. Retención de agua y aireación de sustratos a base de paja de maíz.

Sustrato	Agua fácilmente disponible	Agua de reserva	Agua total disponible
	- - - - - % - - - - -		
S1- testigo	26.65 a	6.44 c	32.49 b
S2- paja:tezontle	10.13 c	16.91 a	27.05 c
S3- paja (1 a 2 mm)	19.27 b	9.06 b	28.34 c
S4- paja (0.5 a 1 mm)	18.95 b	18.98 a	37.94 a
DMS (Tukey, $\alpha = 0.05$)	1.29	2.26	2.26
CV (%)	4.311	10.98	6.72

(T7), con paja de 0.5 a 2 mm y tratado con NaOH, dio el valor más alto (8.23); esto se explica por la fuente de hidróxido que se empleó (Figura 2). En la mayoría de los sustratos, el pH se incrementó una semana después de la siembra de las semillas, durante el proceso de germinación, y después disminuyó, en promedio, media unidad de pH. Cada uno de los sustratos mantuvo casi el mismo pH, a lo largo del desarrollo de las plántulas.

Los sustratos compuestos por paja, inicialmente, mostraron pH entre 6.8 y 8.3, valores mayores que los recomendados.

En los almácigos, la salinidad afecta en forma significativa la germinación de las semillas, la biomasa de la raíz y el crecimiento de las plántulas (Benton, 1999). La salinidad que se considera permisible en el agua de riego para el desarrollo de las plántulas está entre 0.25 y 2.0 dS m⁻¹. El sustrato con los valores más altos de CE fue el testigo T1 (Figura 3), lo cual se debe básicamente a la mezcla de sustratos con valores altos

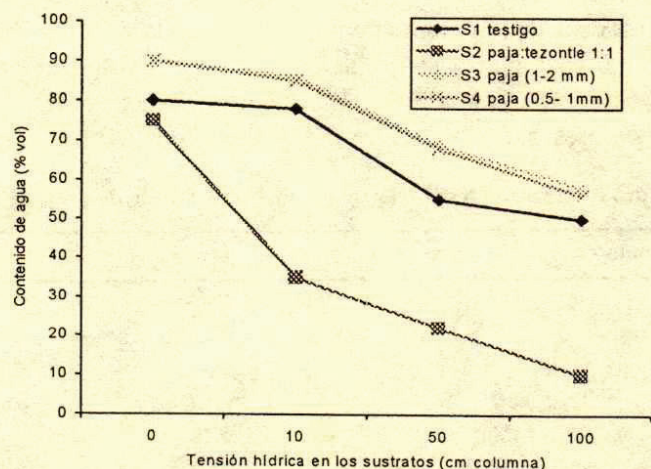


Figura 1. Tensión hídrica en los cuatro sustratos de estudio.

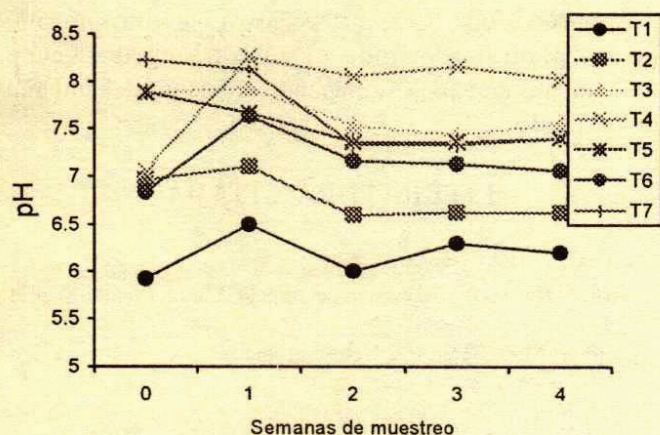


Figura 2. Variación de pH en sustratos a base de paja de maíz. T1 = tezontle 15% + perlita 10% + turba 40% + tierra de hoja 35%; T2 = tezontle 50% + paja (1 a 2 mm) 50%, tratamiento AC; T3 = tezontle 50% + paja (1 a 2 mm) 50%, tratamiento con NaOH; T4 = paja (1 a 2 mm), tratamiento con AC; T5 = paja (1 a 2 mm), tratamiento con NaOH; T6 = paja (1 a 2 mm) 50% + paja (0.5 a 1 mm) 50%, tratamiento con AC; T7 = paja (1 a 2 mm) 50% + paja (0.5 a 1 mm) 50%, tratamiento con NaOH.

de sales minerales, tal es el caso de la tierra de hoja. Sin embargo, en el tiempo de germinación y desarrollo de la plántula, el contenido de sales en los sustratos se estabilizó en valores entre 0.7 y 0.8 dS m⁻¹.

La concentración de ácidos fenólicos en el extracto varió de acuerdo con el método de extracción utilizado. Antes de la siembra se trataron los sustratos con agua caliente e hidróxido de sodio. La Figura 4 muestra que cuando se utilizó el hidróxido de sodio, la cantidad de ácidos fenólicos fue mayor (entre 28 y 70 mg kg⁻¹). Sin embargo, los riegos diarios favorecieron la lixiviación de los ácidos fenólicos y disminuyeron notablemente la concentración de éstos, después de la segunda semana de muestreo.

Efecto de los Sustratos en el Crecimiento de las Plántulas

En altura de plántula, el análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas, los valores más altos se presentaron en las plántulas desarrolladas en el sustrato testigo (T1), y en el sustrato a base de paja y tezontle (T2), con una altura de 7.57 y 8.18 cm, respectivamente. Estos valores están dentro del intervalo de crecimiento de plántulas de tomate cultivar Río Grande, ya que Villegas *et al.* (2001) reportaron una altura promedio de plántula, para esta variedad, de 8.2 cm.

De acuerdo con los resultados de la densidad real y aparente, estos dos sustratos, T1 y T2, tienen mayor

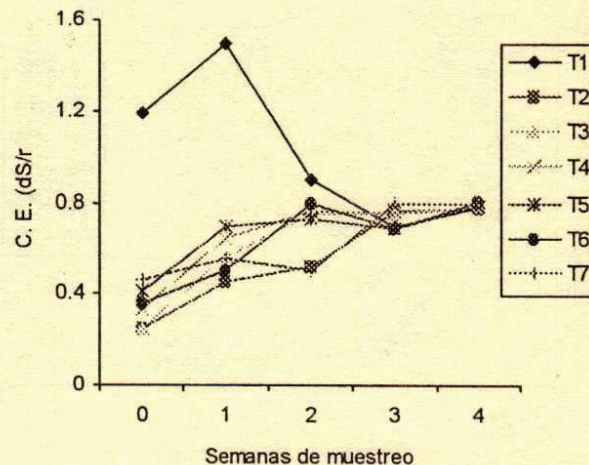


Figura 3. Variación de la conductividad eléctrica en el extracto del sustrato. T1 = tezontle 15% + perlita 10% + turba 40% + tierra de hoja 35%; T2 = tezontle 50% + paja (1 a 2 mm) 50%, tratamiento AC; T3 = tezontle 50% + paja (1 a 2 mm) 50%, tratamiento con NaOH; T4 = paja (1 a 2 mm), tratamiento con AC; T5 = paja (1 a 2 mm), tratamiento con NaOH; T6 = paja (1 a 2 mm) 50% + paja (0.5 a 1 mm) 50%, tratamiento con AC; T7 = paja (1 a 2 mm) 50% + paja (0.5 a 1 mm) 50%, tratamiento con NaOH.

estabilidad para el uso de almácigos y esto se refleja en el crecimiento de las plántulas (Cuadro 5).

El diámetro de tallo varió de 2.09 mm hasta 3.21 mm, en las plántulas que crecieron en el sustrato testigo, mezcla de diferentes sustratos. Los resultados de área foliar y relación vástago:raíz presentaron diferencias altamente significativas; los valores más altos se presentaron en las plántulas desarrolladas en el sustrato a base de tezontle y paja (S2).

El sustrato influyó en la altura de plántula, el diámetro de tallo y el área foliar, ya que los valores más altos de estas variables se presentaron en las plántulas desarrolladas en el sustrato testigo (tezontle, perlita, turba y tierra de hoja) y en el tratamiento con sustrato de tezontle y paja (T2).

Las plántulas que crecieron en el Tratamiento 7 (paja en dos tamaños de partícula) fueron las más pequeñas y menos desarrolladas; esto se debe a que, a pesar de haberse lavado con NaOH, la concentración de ácidos fenólicos fue mayor, por lo que puede haber alguna influencia en el desarrollo de la raíz y en la absorción nutrimental requerida para el óptimo crecimiento.

CONCLUSIONES

- Las densidades aparente y real, así como las porosidades de los sustratos, se encuentran dentro de los intervalos aceptables.

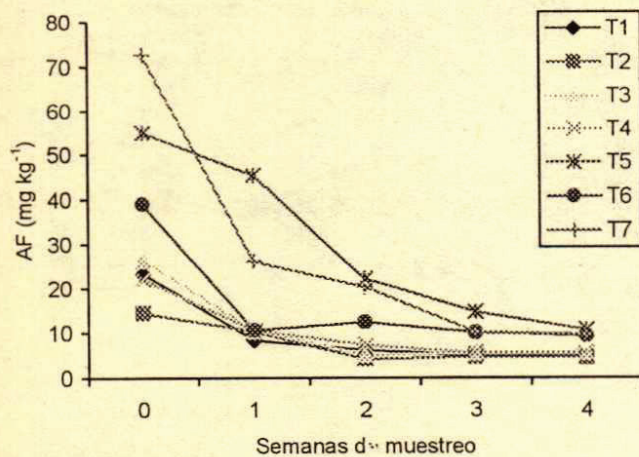


Figura 4. Concentración de ácidos fenólicos (AF) en el sustrato hecho con base en paja de maíz. T1 = tezontle 15% + perlita 10% + turba 40% + tierra de hoja 35%; T2 = tezontle 50% + paja (1 a 2 mm) 50%, tratamiento AC; T3 = tezontle 50% + paja (1 a 2 mm) 50%, tratamiento con NaOH; T4 = paja (1 a 2 mm), tratamiento con AC; T5 = paja (1 a 2 mm), tratamiento con NaOH; T6 = paja (1 a 2 mm) 50% + paja (0.5 a 1 mm) 50%, tratamiento con AC; T7 = paja (1 a 2 mm) 50% + paja (0.5 a 1 mm) 50%, tratamiento con NaOH.

- Los sustratos de paja con partículas de 0.5 y 2 mm presentaron mayor dificultad para liberar el agua en las cuatro tensiones aplicadas.
- El pH de los sustratos a base de paja varió de 7 a 8, a lo largo del desarrollo de las plántulas, no así en el sustrato testigo T1.
- La concentración de ácidos fenólicos depende del sistema de extracción y la porosidad del sustrato. El hidróxido de sodio permitió cuantificar la mayor extracción de estos compuestos.
- Las plántulas se desarrollaron en todos los sustratos; las variables estudiadas fueron mayores en el Tratamiento 2, mezcla de tezontle y paja con partículas de 1 a 2 mm.

- Se observó una tendencia negativa en el crecimiento de las plántulas cuando el sustrato estaba hecho únicamente con paja, independientemente del tamaño de partícula.

LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. 1995. Sustratos para el cultivo sin suelo. pp. 131-265. In: F. Nuez (ed.). El cultivo del tomate. Mundi Prensa. Madrid, España.
- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Benton Jr., J. 1999. Tomato plant culture, in the field, greenhouse and home garden. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Burés, S. 1998. Introducción a los sustratos, aspectos generales. pp. 19-31. In: P. N. Pastor (ed.). Tecnología de sustratos. Universidad de Leida. España.
- De Boodt, M. y O. Verdonck. 1972. The physical properties of the substances in horticulture. Acta Hort. 26: 37-44.
- De Boodt, M., O. Verdonck e I. Cappaert. 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. Acta Hort. 37: 2054-2062.
- Guenzy, W. C. y T. McCalla. 1962. Inhibition of germination and seedling development by crop residues. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26: 456-460.
- Jones, J. B. 1997. Hydroponics: a practical guide for the soilless grower. St. Lucie Press. Boca Raton, FL, USA.
- Lemaire, F., A. Dartigues, L. M. Riviere, S. Charpentier y P. Morel. 2003. Cultures en pots et conteneurs. 2a edition. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris, Francia.
- Putman, A. R. 1994. Phytotoxicity of plant residues. pp. 285-314. In: Unger, P. W. (ed.). Managing agricultural residues. Agricultural Research Service. Lewis Publications. Phoenix, AZ, USA.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 2000. Compendio estadístico de la producción anual 1999-2000. Talleres de información agropecuaria, forestal y de fauna silvestre. Tacubaya, México, D. F.
- SAS Institute. 1999. Software Release 8 (TS MO). Cary, NC, USA.

Cuadro 5. Variables agronómicas de plántulas de tomate cultivar Río Grande medidas a 30 días después de la siembra.

Tratamiento	Altura de plántula	Diámetro de tallo	Área foliar	Relación vástago:raíz
	cm	mm	cm ²	
T1. Tezontle 15% + perlita 10% + turba 40% + tierra de hoja 35%	7.57 ab	3.21 a	28.72	3.494
T2. Tezontle 50% + paja (1 a 2 mm) 50%, tratamiento con AC	8.18 a	3.03 a	29.65 a	4.40 a
T3. Tezontle 50% + paja (1 a 2 mm) 50%, tratamiento con NaOH	7.55 ab	2.52 b	24.78 bc	4.13 a
T4. Paja (1 a 2 mm), tratamiento con AC	6.77 cd	2.31 bc	20.99 dc	2.79 b
T5. Paja (1 a 2 mm), tratamiento con NaOH	7.05 bc	2.36 bc	19.82 d	3.62 ab
T6. Paja (1 a 2 mm) 50% + paja (0.5 a 1 mm) 50%, tratamiento con AC	6.27 cd	2.33 bc	14.46 e	3.02 ab
T7. Paja (1 a 2 mm) 50% + paja (0.5 a 1 mm) 50%, tratamiento con NaOH	5.05 e	2.09 c	10.31 f	2.98 b
DMS (Tukey, $\alpha = 0.05$)	0.74	0.34	4.02	1.06
CV (%)	7.9	9.99	13.9	22.62

Swain, T. y W. E. Hills. 1959. Phenolics constituents of *Prunus domestica* L. The quantitative analysis of phenolics constituents. J. Agr. Food Chem. 10: 63-68.

Teres, V., V. Arrieta, J. Sánchez, M. Lucas y E. Ritter. 1995. Evaluación de la densidad real de sustratos de cultivo por el método de inmersión. Inv. Agr. Prod. Veg. 10: 231-244.

Villegas-Torres, O. G., Ma. N. Rodríguez-Mendoza, L. I. Trejo-Téllez y G. Alcántar-González. 2001. Potencial de la miel de abeja en la nutrición de plántulas de tomate. Terra 19: 97-102.