

1999. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 255-259.

ACCIÓN DE LA SOLARIZACIÓN Y DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL CONTROL DE LA TRISTEZA *Phytophthora cinnamomi* Rands DEL AGUACATE *Persea americana* L.

J. A. Vidales-Fernández; J. J. Alcantar-Rocillo

¹INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Uruapan, Avenida Latino Americana No 1101, Colonia Revolución C.P.60150, Uruapan, Michoacán, México, Teléfono 01452 37392, FAX 01452 44095, e.mail:cefap@ulter.net

RESUMEN

La tristeza es la enfermedad más importante del aguacate en el mundo. En Michoacán, actualmente la enfermedad se encuentra distribuida en toda las zonas aguacateras, afectando el 5% de la superficie . Los objetivos fueron cuantificar el efecto de la solarización, descope, estiércol, paja de alfalfa y fungicida en la infección de raíces por *P. cinnamomi* así como el efecto sobre la población de hongos saprófitos, actinomicetos y bacterias saprófitas del suelo, en el control de la tristeza del aguacate. Las hipótesis fueron: Con la realización de descope, solarización y la aplicación de materia orgánica disminuirá en 90% la infección del hongo en las raíces de aguacate, en la población de *P. cinnamomi* en el suelo y se incrementará la población de hongos saprófitos, actinomicetos y bacterias saprófitas en el suelo. El trabajo se efectuó en una huerta de aguacate de la región de Uruapan, Michoacán. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 tratamientos y seis repeticiones. La unidad experimental fue un árbol. Se encontró que la población de hongos saprófitos en el suelo se incrementa al aplicar estiércol de bovino y paja de alfalfa. Por medio de la solarización se registraron temperaturas letales de 42 °C a *P.cinnamomi* a 20 cm de profundidad . Los mejores tratamientos que controlan la tristeza del aguacate son: descope, solarización (60 días), estiércol, paja de alfalfa; Phosetyl-Al inyección al tronco, descope, solarización (60 días), estiércol de bovino, paja de alfalfa.

PALABRAS CLAVE: Aguacatero, enfermedad, hongo, flora microbiana.

THE ACTION OF SOLARIZATION AND ORGANIC MATTER ON THE CONTROL OF AVOCADO (*Persea americana* Mill.) ROOT-ROT (*Phytophthora cinnamomi* Rands.)

SUMMMARY

The root-rot of the avocado is the most important disease of the world. In Michoacan over 350 thousand trees The aims of this study were: To quantify the

effect of solarization, pruning, manure, chopped alfalfa and fungicide in the infection of *Phytophthora cinnamomi* in avocado roots; to understand the effect of solarization, of top tree prune of manure and chopped alfalfa in the population of fungi actinomicetes and bacteria of the soil; to determinate the combined effect of the soil solarization using plastic mulch, plus the fungicide Alliete, top tree pruning and organic matter in the control of avocado root-rot. 10 treatments under an experimental design (completely random), with six replications were evaluated. Results indicated that the population of fungi and bacteria of the soil in trees affected root-rot. A regression model: $y=38.57+2.23$ (fungi population); $r^2=0.75$, were y =grade of recuperation of the trees. The best treatment that reduce avocado root-rot damage are the treatment with to tree pruning, solarization, manure, and chopped alfalfa, as well treatment with Phosetyl-Al injection to the trunk, top tree pruning, 60 days solarization manure and chopped alfalfa.

KEY WORDS: Disease, fungi, microbotic flora

INTRODUCCIÓN

El cultivo del aguacate es de gran importancia en México, ya que se considera como el principal productor en el mundo. La superficie cultivada es de 124, 929 ha, con una producción estimada de 1,100,000 toneladas. Michoacán, es el principal estado productor con una superficie de 95 mil ha y una producción de 871,883 toneladas.

Las enfermedades del aguacate afectan la producción en 14% y reducen la calidad de la fruta en 10%, lo que las hacen que ocupen un renglón importante por su número, intensidad de daños y como un factor que incrementan los costos de producción en 23%.

De las enfermedades, la tristeza es la más importante del aguacate en el mundo y ésta es causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi* que es uno de los patógenos más destructivos que puede ocasionar la muerte de los árboles. La enfermedad fue descrita en 1922 por Rands en árboles de canela, y detectada en el aguacatero por primera vez en Estados Unidos, por Tucker en 1929. El hongo presenta un rango de hospedantes sumamente amplio, ya que es capaz de afectar a más de 900 especies de plantas, lo que se considera como un peligro potencial no sólo para el aguacatero sino para múltiples cultivos de importancia económica Zentmyer (1980).

En California existen 1300 ha afectadas. En Sudáfrica se estima con daños el 20% del arbolado de aguacate. En México se encontró por primera vez en 1951 (Zentmyer, 1951). Actualmente se encuentra presente en los estados de Puebla, Chiapas, Veracruz, Nayarit, Morelos y Michoacán (Morales, 1990).

En Puebla, se han observado niveles de incidencia del 75% de los árboles. En Querétaro ocasionó la desaparición del cultivo (Téliz y García, 1982).

En Michoacán, apareció en la década de los setentas de tal manera que en 1979 se encontraron 13 mil árboles dañados en suelos pobres en materia orgánica. En 1994 se efectuó un muestreo y se encontró la enfermedad distribuida en suelos del tipo andosol afectando a 100 mil árboles en los municipios de Uruapan, San Juan Nuevo, Tingüindín, Los Reyes, Tancítaro, Peribán y Ziracuaretiro. Lo que provocó pérdidas a los productores de aguacate de 640 millones de pesos, tomando como base la estimación que hace FIRA 1996 de 640 pesos por árbol de 8 años de edad (Vidales, 1996).

Los objetivos del trabajo de investigación fueron: cuantificar el efecto de la solarización, poda, estiércol de bovino, paja de alfalfa y fungicida en la infección de raíces de aguacatero por *Phytophthora cinnamomi*; conocer su efecto en la población de hongos saprófitos, actinomicetos y bacterias saprófitas del suelo; determinar el efecto combinado de la desinfección solar del suelo mediante el uso de plástico (solarización) con el fungicida Alliete, podas y materia orgánica; demostrar la actividad de la microflora del suelo por medio de la formación de dióxido de carbono y amonio en los diferentes tratamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron recorridos de campo para verificar la presencia de la enfermedad, efectuando un muestreo dirigido a los árboles que manifestaban síntomas de la tristeza y colectando raíces enfermas.

Aislamiento del hongo en el laboratorio

Las raíces colectadas se lavaron con agua destilada y con un bisturí se cortaron porciones de las mismas, tomando un poco de tejido necrótico. El material seleccionado se desinfectó en una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante un minuto. Posteriormente, los trocitos de raíz, se enjuagaron con agua destilada estéril y se secaron cuidadosamente utilizando papel filtro; posteriormente se transfirieron a cajas de Petri conteniendo medio de cultivo papa dextrosa agar, más ampicilina.

Trabajo de campo

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 tratamientos y seis repeticiones. La unidad experimental fue un árbol.

Los tratamientos estuvieron constituidos:

- 1.- Phosetyl Al 80% polvo humectable, inyección al tronco.(IP)
- 2.- Phosetyl Al 80% polvo humectable, inyección al tronco, descope del árbol, solarización (60 días) (IP+D+S).
- 3.-Descope, solarización(60 días) (D+S).
- 4.- Phosetyl Al 80% polvo humectable, inyección al tronco, estiércol de bovino , harina de alfalfa (IP+E+A).
- 5.- Descope, solarización (60 días), estiércol de bovino, harina de alfalfa(D+S+E+A).
- 6.-Phosetyl Al 80% polvo humectable, inyección al tronco, descope, solarización (60 días), estiércol de bovino, harina de alfalfa (IP+D+S+E+A).

- 7.- Phosetyl Al 80% polvo humectable, aplicación foliar, estiércol de bovino, harina de alfalfa (PF+E+A).
- 8.- Descope (D).
- 9.- Descope, solarización, corteza de pino (D+S+CP).
- 10.- Testigo absoluto (T).

Las aplicaciones foliares de Phosetyl-Al 80% polvo humectable se efectuaron cada tres meses, a una concentración de 3 g de producto comercial por litro de agua.

Las inyecciones al tronco de Phosetyl - Al 80% polvo humectable fueron de 3.6 de ingrediente activo por árbol, según la metodología de Darvas *et al.* (1984) de la forma siguiente:

- a).- Disolver 1 kg de Phosetyl- Al 80% polvo humectable en 10 litros de agua.
- b).- Agitar vigorosamente por 30 minutos.
- c).- Dejar reposar la solución por 7 días.
- d).- Inyectar al tronco en el mes de marzo y a fines del mes de mayo. En cada uno de los meses citados aplicar tres inyecciones por árbol en los diferentes puntos cardinales, a una dosis de 15 ml por inyección.

El método de inyección fue:

- a).- Alrededor del tronco y a 50 cm arriba del nivel del suelo, se hicieron 3 perforaciones de 5 milímetros de diámetro y 4 centímetros de profundidad en un ángulo de 15 grados sobre un plano horizontal.
- b).- Para realizar la inyección se utilizan jeringas para ganado bovino de orificio de salida excéntrico. Se toman 15 ml de solución por jeringa y se mueve el embolo hasta la marca de 50 ml. Se colocó el ducto de salida en el orificio del tronco y se incrustó completamente. Se empujó el embolo a la marca de 25 ml y se fijo con un clavo que atravesase la jeringa de lado a lado por la parte superior.
- c).- Una vez consumida la solución, se retiran las jeringas y se sellan los orificios con Arbolsan.

Variables evaluadas

Determinación de la dinámica del crecimiento de las raíces, principalmente las alimentadoras, de cada uno de los árboles en estudio, se tomaron 6 submuestras homogéneas de suelo y raíces a una profundidad de 10 cm, en tres puntos equidistantes a la mitad entre el tronco y el cajete y tres a la orilla del cajete, estas se efectuaron cada 3 meses. Se tomaron todas las raíces contenidas en las 6 submuestras y se guardaron y se etiquetaron en una bolsa de plástico. Las raíces de cada árbol se pesaron en fresco y se secaron en una estufa a 70 grados centígrados durante 3 días; posteriormente se pesaron nuevamente para medir su peso seco. En cada muestreo se determinó el peso de las raíces (fresco y seco), y el porcentaje de raíces sanas y enfermas.

Se determinó el porcentaje de infección de *Phytophthora cinnamomi* en raíces de aguacate. Por cada árbol en estudio se utilizaron 4 cajas de petri con papa dextrosa agar (PDA), más antibiótico; en cada caja se sembraron 10 puntas de

raíz y se obtuvo por caja el porcentaje de infección. El procedimiento anterior se efectuó cada 3 meses. Las raíces se tomaron a una profundidad de suelo de 20, 30 y 40 cm.

Se determinó las poblaciones de hongos antagonicos y actinomicetos en el suelo. Para esto se utilizó un gramo de suelo rizoplan (sacudir raíz), en 9 ml de agua destilada. Después se diluyó de 10-1 a 10-3, posteriormente se vaciaron 0.5 ml de dilución a cajas de petri (3 cajas por árbol), con el medio de cultivo PDA más tergitol 0.5 ml más ampicilina 0.025 g más clorhidrato de tetraciclina 0.050 g por litro de medio de cultivo. Las cajas se observaron a los 3 días. El trabajo citado se efectuó cada 6 meses.

Se determinaron las poblaciones de bacterias antagonicas. Para lo cual se utilizó un gramo de suelo rizoplano (se sacudió la raíz), en 9 ml de agua destilada. Posteriormente se diluyó de 10-1 a 10-16 para después vaciar 0.5 ml de la última dilución a cajas de petri con agar nutritivo (3 cajas por árbol). Se contaron las colonias bacterianas a las 48 horas. El trabajo se efectuó cada 6 meses. También se determinó con una escala de infección la enfermedad (Zentmyer, 1984): 0=árbol sano; 1= daño leve; 2= daño medio; 3= daño severo; 4= daño muy severo; 5= árbol muerto. Utilizando la escala anterior se tomaron datos de campo cada 3 meses.

Se tomaron datos climáticos diariamente de temperaturas del aire (máxima, mínima), temperatura del suelo por medio de un geotermógrafo (10, 20 y 30 cm de profundidad), radiación solar, y humedad relativa por medio de un higrotermógrafo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperaturas máximas del suelo, durante el proceso de solarización en el control de la trizteza

En la Figura 1 se presentan las temperaturas máximas del suelo y las temperaturas letales a *P. cinnamomi* durante el proceso de solarización; se observa que a 20 cm de profundidad en el lapso comprendido del mes de marzo al 30 de junio (120 días), la temperatura se mantuvo arriba de 34 °C y se elevó hasta 42 °C. Las temperaturas citadas son críticas para el patógeno (Zentmyer, 1985). A 30 cm de profundidad la temperatura se elevó hasta 35 °C. El efecto de la temperatura alcanzada durante el proceso de la solarización con plástico cristalino, se traduce en una eliminación del inóculo del hongo en el suelo y en una rápida recuperación de los árboles dañados. Debido a que a esa profundidad se encuentra la mayor cantidad de raíces absorbentes menores de 5 mm de diámetro (Avilán *et al.*, 1981; Salazar, 1984; Vidales, 1993).

Lo anterior coincide con otros trabajos donde se mencionan se logró buen control de las enfermedades radicales del aguacate ocasionadas por los hongos: *Verticillium* sp., *Rocellinia necatrix*, *Phytophthora cinnamomi*, al efectuar la solarización con plástico cristalino por 1.5 meses. En Israel se ha encontrado que posteriormente de efectuar la técnica de solarización se produce un vacío biológico en el suelo y que es necesario incorporar nuevos microorganismos benéficos al mismo, lo anterior se logra con la incorporación de estiércol de bovino

y harina de alfalfa, así lo menciona Valenzuela (1984), al reducir las poblaciones de *P.cinnamomi*.

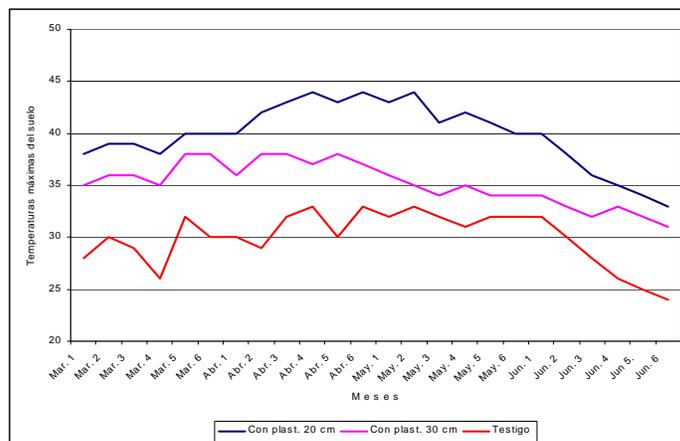


Figura 1. Temperaturas del suelo, plástico a 20 y 30 cm de profundidad y testigo a 20 cm

Efecto de la aplicación de estiércol de bovino y harina de alfalfa en la recuperación de árboles afectados con tristeza

Como un efecto de la aplicación del estiércol de bovino y harina de alfalfa, se evaluó la población de hongos y bacterias benéficas del suelo en árboles afectados con tristeza. Se encontró el modelo:

$$y = -38.57 + 2.23 (\text{población de hongos benéficos}); r = 0.86; r^2 = 0.75$$

donde: y = grado de recuperación de árboles.

El coeficiente de determinación (r^2) indica que la población de hongos benéficos aplicada a través del estiércol y de la harina de alfalfa, explica la recuperación del árbol en 75%. El modelo anterior indica que por cada unidad que se incremente la población de hongos benéficos en el suelo, se incrementará en 2% la recuperación de los árboles en la escala de medida de la enfermedad de Zentmyer (1984) (Figura 2).

En cuanto a las bacterias se encontró el modelo $y = -13.45 + 1.81$ (Población de bacterias benéficas); $r = 0.69$; $r^2 = 0.48$, donde: y = Grado de recuperación de árboles afectados con tristeza. El coeficiente de determinación indica que la población de bacterias benéficas explica en un 48% el grado de recuperación de los árboles afectados con tristeza, en la escala de medida de la enfermedad propuesta por Zentmyer (1984) (Figura 3).

Lo anterior coincide con lo reportado por Nesbitt *et al.* (1979), quién al efectuar un estudio sobre el efecto de la materia orgánica en la sobrevivencia de *P. cinnamomi* encontraron que las hifas fueron lisadas, al incubar a éste hongo en suelos con el 50% de materia orgánica, muchos de los esporangios producidos fueron abortivos, concluyeron que al incrementar la materia orgánica, hay un incremento en la

concentración de nutrientes y en las poblaciones microbianas y estos factores son la causa que las poblaciones de *P. cinnamomi* disminuyan en el suelo.

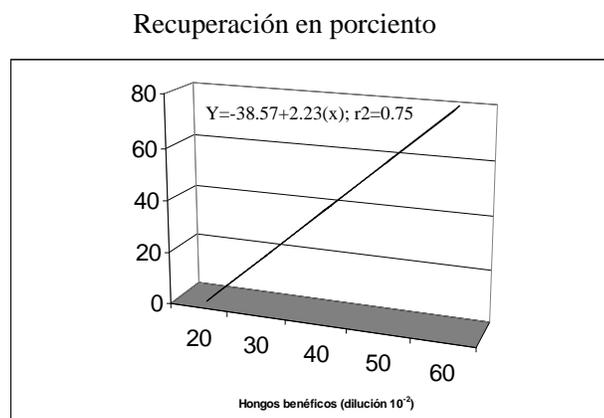


Figura 2 Efecto de la población de hongos benéficos en la recuperación de árboles afectados con tristeza.

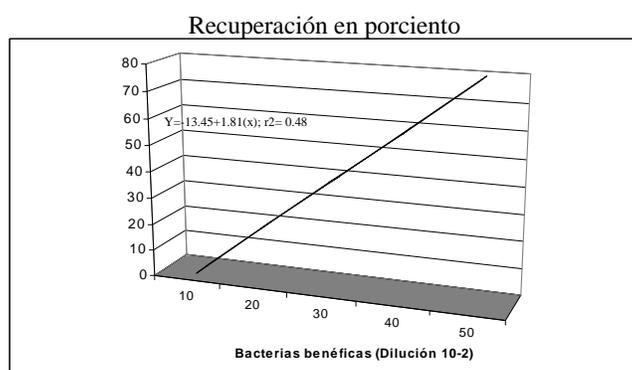


Figura 3 Efecto de la población de bacterias benéficas en la recuperación de árboles afectados con tristeza.

Efecto de la población de raíces infectadas con *Phytophthora cinnamomi* en el nivel de daño de árboles con tristeza

Se generó el modelo $y = 190.98 - 1.79$ (Porcentaje de raíces afectadas con tristeza); $r = -0.94$; $r^2 = 0.90$ donde: $y =$ Recuperación de árboles Este modelo expresa que por cada uno porciento que se incremente la población de raíces enfermas, disminuirá en un 1.7% la recuperación de árboles con tristeza (Figura 4).

Efecto de la población de hongos y bacterias benéficas sobre la materia seca de la raíz de árboles con tristeza

En lo referente a hongos, el modelo que se encontró fue: $y = -6.21 + 2.71$ (Población de hongos benéficos); $r = 0.71$; $r^2=0.50$, donde: $y =$ Porcentaje de materia seca de la raíz

El valor del coeficiente de determinación señala en un 50% la población de hongos benéficos explica el incremento de la materia seca de la raíz. El modelo indica que por cada unidad que se incremente la población de hongos benéficos en el suelo, se incrementará en 2.71% la materia seca de la raíz (Figura 5).

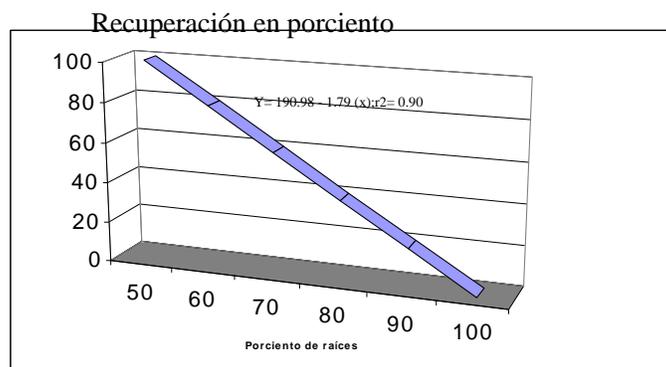


Figura4 Efecto de raíces afectadas con Phytophthora en la recuperación de árboles afectados con tristeza

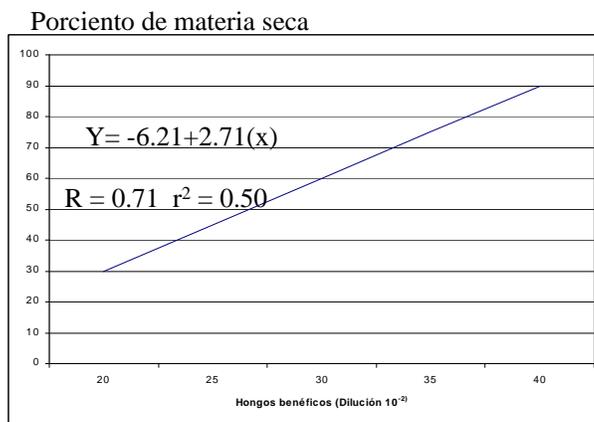


Figura 5. Efecto de la población de hongos benéficos sobre la materia seca de la raíz

En cuanto a bacterias se encontró el modelo: $y = 20.35 + 2.45$ (Población de bacterias benéficas); $r = 0.95$; $r^2 = 0.91$ donde: $y =$ Porcentaje de materia seca de la raíz

El valor del coeficiente de determinación señala que la población de bacterias benéficas en un 91% se encuentra explicando el incremento de materia seca de la raíz, lo anterior significa que por cada unidad que se incremente la población de

bacterias benéficas en el suelo se incrementará en 2.45% la materia seca de la raíz (Figura 6).

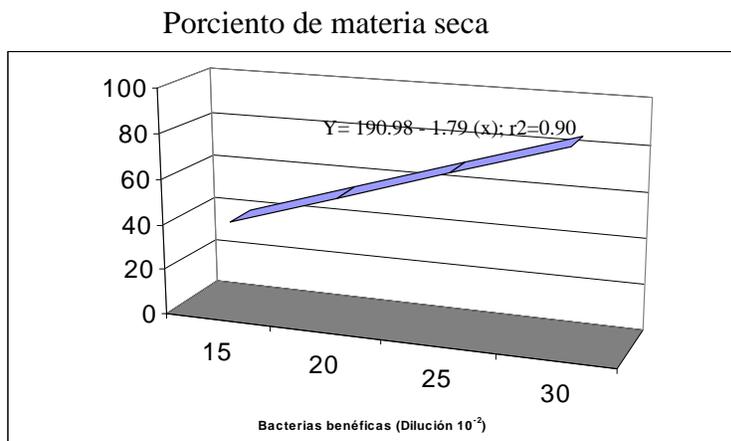


Figura 6 Efecto de raíces afectadas con *Phytophthora* en la recuperación de árboles afectados con tristeza

Detección de la actividad microbiana del suelo en árboles con tristeza

En la Figura 7 se detecta el dióxido de carbono que producen los microorganismos en suelos que han sido tratados con materia orgánica para el control de las poblaciones de *P. cinnamomi*. A las 24 horas de efectuar la prueba bajo condiciones de laboratorio se encontró que el mejor tratamiento fue: Descope de árboles, solarización del suelo y aplicación al cajete de 100 kg de corteza de pino; descope de árboles, solarización, inyección de Phosetyl al tronco del árbol y aplicación al cajete de 150 kg de estiércol de bovino más 100 kg de harina de alfalfa; inyección de Phosetyl al tronco y aplicación al cajete de 150 kg de estiércol de bovino más 100 kg de harina de alfalfa, con 0.08 g, 0.05 g y 0.05 g de dióxido de carbono por cada 100 g de suelo respectivamente. A las 48 horas de hacerse la prueba se encontró que el mejor tratamiento fue: Descope de árboles, solarización, inyección de Phosetyl, estiércol y harina de alfalfa con 0.20 g de dióxido de carbono.

Recuperación de árboles afectados con tristeza

Los mejores tratamientos que presentan mayor grado de recuperación de árboles en campo son: Descope de árboles, solarización del suelo y aplicación al cajete de 100 kg de corteza de pino; descope de árboles, solarización, inyección de Phosetyl al tronco del árbol y aplicación al cajete de 150 kg de estiércol de bovino más 100 kg de harina de alfalfa; inyección de Phosetyl al tronco y aplicación al cajete de 150 kg de estiércol de bovino más 100 kg de harina de alfalfa; descope de árboles, inyección de Phosetyl al tronco y solarización (Figura 8).

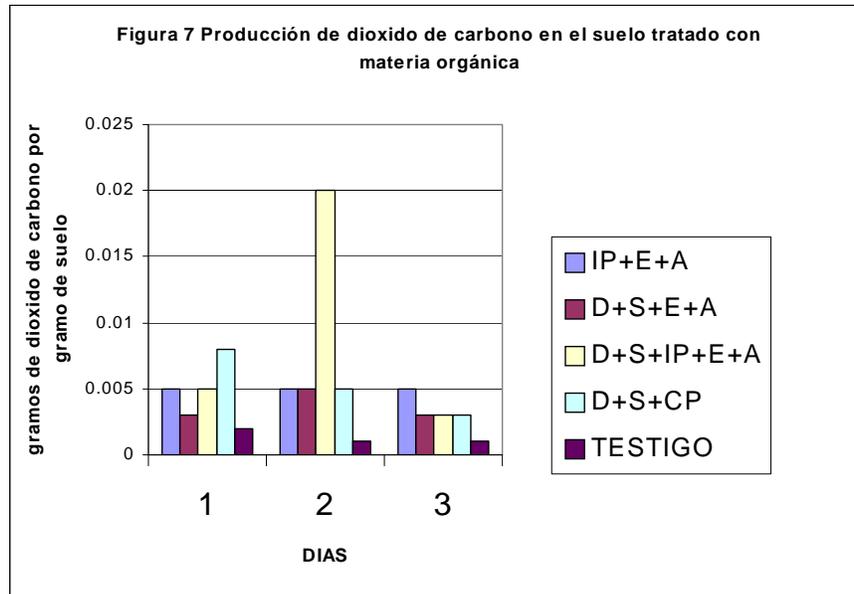


Figura 7 Producción de dióxido de carbono en el suelo tratado con materia orgánica

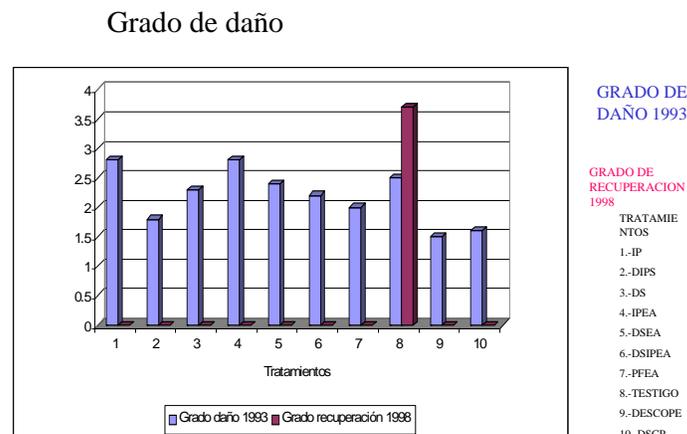


Figura 8 Grados de daño de la tristeza

CONCLUSIONES

El efecto de la temperatura que se alcanza durante el proceso de la solarización con plástico cristalino, se traduce en una reducción de las poblaciones de *Phytophthora cinnamomi* en el suelo y en una rápida recuperación de los árboles dañados.

Durante el proceso de solarización se logró alcanzar temperaturas por encima del punto crítico (34 °C), a *P. cinnamomi* que reducen las poblaciones del patógeno en el suelo.

Con la aplicación de estiércol de bovino y harina de alfalfa al suelo, se incrementa la población de hongos y bacterias benéficas antagónicas a *P. cinnamomi*.

La población de hongos benéficos explican en un 50% el incremento de la materia seca de la raíz.

Se encontró mayor cantidad de dióxido de carbono debido al incremento de actividad microbiana en el suelo, cuando se aplica estiércol de bovino y harina de alfalfa.

Los mejores tratamientos que controlan a la tristeza son: Descope de árboles, solarización del suelo y aplicación al cajete de 100 kg de corteza de pino; Descope de árboles, solarización, inyección de Phosetyl al tronco del árbol y aplicación al cajete de 150 kg de estiércol de bovino más 100 kg de harina de alfalfa; Inyección de Phosetyl al tronco y aplicación al cajete de 150 kg de estiércol de bovino más 100 kg de harina de alfalfa; Descope de árboles, inyección de Phosetyl al tronco y solarización.

LITERATURA CITADA

- AVILÁN, R.L.; MENESES, L.; SUCRE, R.; FIGUEROA, M. 1981. Efecto de propiedades físicas de un suelo del orden Entisol, sobre la distribución radical del aguacate (*Persea americana* Mill). *Agronomía Tropical* 29(2): 115-126.
- MORALES, R. I. 1990. Pruebas de patogenicidad con diferentes tipos de inóculo de *Phytophthora cinnamomi* Rands en plantas de aguacate (*Persea americana* Mill.). Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. 72 p.
- NESBITT, H.J.; MALAJCZUK, N.; GLENN, A.R. 1979. Effect of soil moisture and temperature on the survival of *Phytophthora cinnamomi* in soil. *Biol. Biochem.* 11: 137-140
- SALAZAR G., S. 1984. Distribución radical de árboles adultos de aguacate cv. Fuerte, creciendo en suelos de textura diferente. Curso de Nutrición de frutales. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- TÉLIZ, D.; GARCIA, R. 1982. Manejo integrado de la tristeza del aguacatero X Congreso Nacional de Fitopatología de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Culiacán, Sinaloa. México.
- VALENZUELA U., J.G. 1984. Manejo integrado de la tristeza *Phytophthora cinnamomi* del aguacatero en Atlixco, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. México.
- VIDALES F., J.A. 1995. Control integrado de la tristeza *Phytophthora cinnamomi* del aguacate (*Persea americana*), en Michoacán. V Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística. Morelia. Mich. México.
- VIDALES F., J.A. 1996. Control de la tristeza *Phytophthora cinnamomi* del aguacatero (*Persea americana*) en la región de Uruapan, Michoacán. IV simposio La Investigación y el Desarrollo Tecnológico en Michoacán. Morelia, Mich. México.

- VIDALES F., J.A. 1996. Alternativas para el control de la tristeza del aguacatero *Persea americana* L. causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands. Proceedings XXXVI Annual Meeting APS Caribbean Division.
- ZENTMYER, G.A. 1951. Avocado diseases, Calif. Avocado Soc. Yrbk. 7: 103-106.
- ZENTMYER, G.A. 1980. *Phytophthora cinnamomi* and diseases it causes Phytopathological Monograph. Phytopathol. Soc.ST. Paul M.N., USA. 96 p.
- ZENTMYER, G.A. 1985. Origen and distribution of *Phytophthora cinnamomi*. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 69: 89-94.