

SOLARIZACIÓN Y ABONOS VERDES PARA EL CONTROL INTEGRADO DE *Pyrenochaeta terrestris* (HANSEN) EN CEBOLLA

Belkis Camacho¹, Juan Pineda² e Hilda González³

RESUMEN

Un factor determinante en la disminución del rendimiento de la cebolla (*Allium cepa* L.) es la enfermedad raíz roja causada por *Pyrenochaeta terrestris*. Una alternativa en el control de esta enfermedad es la solarización del suelo, la cual constituye una medida erradicativa de patógenos. En un ensayo de campo llevado a cabo en suelo naturalmente infestado con *Pyrenochaeta terrestris* (Hansen) en Quíbor, estado Lara, Venezuela, se evaluó el efecto de la solarización (calentamiento del suelo por medio de su cubrimiento con láminas plásticas transparentes), adición de abonos verdes y la combinación de ambos tratamientos sobre la incidencia y la severidad de la raíz roja en cebolla. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con seis repeticiones y un arreglo en parcelas divididas, en donde en las parcelas principales fueron ubicados los tratamientos de solarizado y no solarizado y en las subparcelas los abonos verdes (canavalia, *Canavalia* sp.; crotalaria, *Crotalaria* sp. y soya, *Glycine max* L.). La cobertura del suelo durante 45 días redujo la incidencia y la severidad de la enfermedad; en el suelo solarizado la incidencia fue 18,16 % y en el no solarizado fue 52,33 %, diferencia que representa un 65,29 % de control de la enfermedad. Con respecto a la severidad, hubo una reducción cercana al 12 % con la solarización. Las temperaturas logradas en el suelo solarizado fueron 4,6-10,9 °C mayores a las del suelo no solarizado. La solarización del suelo por sí sola fue efectiva para el control de la raíz roja, y la aplicación de abonos verdes no agregó ningún efecto sobre este control.

Palabras clave adicionales: *Allium cepa*, *Canavalia* sp., *Crotalaria* sp., *Glycine max*, enmiendas orgánicas

ABSTRACT

Solarization and green manure for integrated control of *Pyrenochaeta terrestris* (Hansen) on onion

A determining factor in the decrease in the yield of onion (*Allium cepa* L.) is the pink root disease caused by *Pyrenochaeta terrestris* (Hansen). An alternative in the control of this disease is the solarization of soil, which is an eradicated measure of pathogens. A field experiment was carried out in naturally infested soil with *Pyrenochaeta terrestris* in Quíbor, Lara State, Venezuela, to determine the effect of solar heating in the soil by means of mulching with transparent polyethylene sheets, green manure applications, and combination of both treatments on the incidence and severity of onion pink root disease. A split-plot experiment was conducted, where main plots comprised those with presence and absence of solarization, and subplots were a factorial combination of green manure (*Canavalia* sp., *Crotalaria* sp., *Glycine max* L.) with and without solarization. There were six replications. The mulching of the soil with transparent polyethylene sheets for 45 days resulted in a decrease of the incidence and severity of disease, in solarized soil the incidence was 18.16 % and in non solarized soil was 52.33 %; this difference represents 65.29 % of disease control. With respect to the severity, there was a reduction close to 12% with solarization. Soil temperatures in the mulched soil varied from 4.6 to 10.9 °C higher than in unmulched soil. Soil solarization was effective for the control of pink root, and green manure application did not provide any additional effect for the disease control.

Additional key words: *Allium cepa*, *Canavalia* sp., *Crotalaria* sp., *Glycine max*, organic amendments

INTRODUCCIÓN

La cebolla, *Allium cepa* L., constituye la hortaliza de mayor producción e importancia en Venezuela, después del tomate. Un factor determinante en la disminución del rendimiento en

este cultivo es la enfermedad conocida como pudrición rosada o raíz roja causada por *Pyrenochaeta terrestris* (Hansen). La presencia de este patógeno en los suelos de la depresión de Quíbor (estado Lara) constituye uno de los principales factores limitantes en la producción de

Recibido: Abril 30, 2012

Aceptado: Febrero 25, 2013

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Dirección Regional del estado Trujillo, Trujillo, Venezuela.

² Posgrado de Fitopatología. Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Apdo. 400, Barquisimeto. Venezuela

³ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). CIAE Lara. Apdo. 592. Venezuela.
e-mail: belkisc2005@yahoo.es ; jpineda@ucla.edu.ve

la cebolla, lo cual origina serias pérdidas a pesar de la utilización de medidas de control recomendadas tales como siembra de variedades resistentes, uso de fungicidas, control biológico, arado profundo y rotación de cultivos (González y García, 1991; Pacheco y Pineda, 2004). Una alternativa para el control de *P. terrestris* es la solarización del suelo, la cual constituye una medida erradicativa de los patógenos del suelo. Este procedimiento consiste en cubrir el suelo, previamente regado, con láminas de plástico transparente durante el período en que la radiación solar y las temperaturas son más elevadas. Mediante esta técnica han sido efectivamente controlados patógenos como *Verticillium* spp, *Rhizoctonia solani*, *P. terrestris*, *Fusarium* spp. y el nematodo *Pratylenchus thornei*, en diferentes cultivos (Katan et al., 1980). Así mismo, la solarización ha reducido la densidad del inóculo de *Sclerotium cepivorum* e incidencia de la enfermedad, así como aumento del rendimiento en ajo (Ulacio et al., 2006) y reducción del inóculo de *Verticillium dahliae* en alcachofa (Berbegal et al., 2008).

El modo de acción de la solarización es complejo e involucra destrucción térmica directa de los propágulos y cambios en las poblaciones y en las actividades microbiales, así como la generación de compuestos volátiles tóxicos a partir de la materia orgánica del suelo (Gamliel y Stapleton, 1993).

El rol de las enmiendas orgánicas en el control de enfermedades de plantas ha sido reconocido por décadas, y los mecanismos por los cuales ellas logran su efecto son numerosos. Por ejemplo, elementos específicos de la población de microorganismos pueden ser estimulados (Singh y Faull, 1988; Maloy, 1993) y éstos pueden ser antagonistas a ciertos organismos causantes de enfermedades. En otros casos, la estimulación puede ser más generalizada e involucrar a casi todos los grupos de organismos que están presentes en el suelo. Algunas enmiendas orgánicas pueden producir sustancias químicas que son tóxicos al patógeno durante su descomposición, o pueden causar un cambio en el pH del suelo cuando la materia orgánica es añadida, y esto, a su vez, puede tener un efecto desfavorable en el patógeno (Singh y Faull, 1988).

El efecto de los restos de plantas sobre el

crecimiento de plántulas y sobre la incidencia de enfermedades depende de la madurez del tejido, su relación carbono/nitrógeno, cantidad, calidad, y composición del material vegetal, y lapso de tiempo entre la incorporación y la siembra. También pueden variar dichos efectos con la clase o composición de los microorganismos involucrados, así como de las condiciones ambientales (Debode et al., 2005; Ochiai et al., 2007; Berbegal et al., 2008).

En relación con la combinación materia orgánica y solarización, Gamliel y Stapleton (1995) indican que el uso de enmiendas orgánicas disponibles tales como compost, residuos de plantas, abonos verdes y fertilizantes, puede ser una vía (no química) efectiva para mejorar la acción pesticida de la solarización. También, Ramírez-Villapudua y Munnecke (1988) indicaron que el tipo de materia orgánica incorporada previamente a la solarización puede ocasionar erradicación del patógeno.

Teniendo en cuenta la importancia del control de *P. terrestris* y la efectividad mencionada de la solarización y aplicación de materia orgánica en el control biológico de ciertos patógenos, el objetivo de este trabajo fue evaluar dichas alternativas para el control integrado de este hongo en las siembras de cebolla en la depresión de Quíbor, estado Lara.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en el Campo Experimental Quíbor, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), localizado a unos 30 km al oeste de Barquisimeto, en el municipio Jiménez del estado Lara, y a una altitud de 677 msnm. El clima es semiárido, con una precipitación que oscila alrededor de 500 mm anuales y una temperatura media anual de 24,5 °C con máxima de 37 °C. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con seis repeticiones, en el que se ubicaron tratamientos de solarizado y no solarizado en las parcelas principales y en las subparcelas fueron ubicadas tres diferentes leguminosas (abonos verdes). Se usaron las leguminosas canavalia (*Canavalia* sp), crotalaria (*Crotalaria* sp) y soya (*Glycine max* L.).

Antes de realizar el tratamiento de solarización, las tres especies fueron sembradas a

doble hilera sobre los dos camellones centrales y a hilera sencilla en los dos camellones ubicados en los extremos en cada subparcela. La crotalaria se sembró a chorro corrido sobre la hilera; la canavalia y la soya a 0,25 m y a 0,10 m respectivamente, sobre la hilera. El área de cada subparcela fue de 8,4 m². El testigo utilizado consistió en la no aplicación de la solarización ni de incorporación de abonos verdes.

La única práctica agronómica recibida por las leguminosas fue el riego requerido durante el período de germinación y riegos posteriores cada 7-8 días. A los 45 días luego de sembradas, las leguminosas fueron incorporadas al suelo con 4 pases de rastra pesada a aproximadamente 30 cm de profundidad. Una semana después, el suelo fue regado por inundación previo a la colocación de las láminas de plástico transparente de 0,1 mm de espesor, con la finalidad de asegurar la humedad adecuada y así aumentar la conductividad térmica. Las láminas fueron aseguradas enterrando bien sus bordes. El tiempo de cubrimiento fue de 45 días.

Durante este período se utilizaron termómetros de suelo para registrar la temperatura a las 8:00 y 14:00 horas tanto en suelo solarizado como en suelo no solarizado, a 10 y 20 cm de profundidad.

Después de concluido el tratamiento de la solarización, se realizaron las labores de preparación del suelo y el trasplante de cebolla de la variedad Texas Grano 502. Con la finalidad de asegurar plántulas virtualmente libres de *P. terrestris*, los semilleros se hicieron en el Posgrado de Fitopatología de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, en Cabudare, utilizando suelo libre del patógeno. El muestreo para evaluar los resultados se realizó a los 60 días luego del trasplante debido a que en ese momento la sintomatología era más obvia.

El muestreo consistió en la remoción de 25 plantas en cada subparcela y se determinó el porcentaje de plantas infectadas y la severidad de la enfermedad en las mismas. Para esto, las raíces fueron lavadas y evaluadas bajo lupa estereoscópica de manera que las plantas con una o más raíces rosadas fueron consideradas infectadas y de acuerdo a ello se determinó la incidencia o porcentaje de infección. Para evaluar la severidad producida, se empleó una escala de

referencia (Cuadro 1) del porcentaje de raíces afectadas en cada planta, es decir, la proporción del total de raíces por planta con coloración roja.

Cuadro 1. Escala de referencia para estimar la severidad del daño por *P. terrestris* en cebolla

Escala	Raíces afectadas (%)	Descripción verbal
0	0	Raíces no coloreadas
25	1-25	Ligeramente afectadas
50	26-50	Moderadamente afectadas
75	51-75	Severamente afectadas
100	76-100	Totalmente coloreadas y/o muertas

Para conocer la intensidad promedio de la severidad del daño (en porcentaje) en cada subparcela, se aplicó la fórmula general:

$$I = \sum_{i=1}^N [(\% \text{Enfi} \times Fi) / N]$$

donde: I: intensidad promedio de la severidad del daño en porcentaje.

% Enfi: porcentaje de raíces afectadas estimado, según la escala.

Fi: frecuencia de cada porcentaje estimado.

N: número total de plantas examinadas.

Para determinar el porcentaje de reducción de la enfermedad (RE) se aplicó la fórmula:

$$RE (\%) = 100 - (100 \times I \text{ tratamiento} / I \text{ testigo})$$

Los resultados fueron comparados mediante análisis de varianza y prueba de Duncan utilizando el programa SAS v.6 (Cary, NC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A las 8:00 horas, a una profundidad de 10 cm, el suelo cubierto con plástico alcanzó una temperatura máxima (promedios de 5 días consecutivos) de 38,2 °C en comparación con el suelo no solarizado cuyo valor fue de 28 °C (Figura 1A). A las 14:00 horas y a la misma profundidad, los valores fueron 38,6 y 30,4 °C, respectivamente.

A la profundidad de 20 cm se mantuvieron las mismas tendencias en cuanto a la temperatura aunque los valores absolutos, como era de esperarse, fueron ligeramente inferiores (Figura 1B).

En la Figura 1A y B se observa que el suelo cubierto con el plástico transparente presentó, a 10

y 20 cm de profundidad, las mayores temperaturas en comparación con el suelo sin solarizar. A 10 cm de profundidad la máxima diferencia encontrada entre ambos tratamientos a las 8:00 horas, fue de 10,2 °C, y la mínima fue 4,6 °C. A las 14:00 horas, la máxima diferencia fue 10,9 °C y la mínima 7,4 °C. A 20 cm de profundidad, las temperaturas medidas durante los 35 días de registro variaron de 3,7 a 8,9 °C.

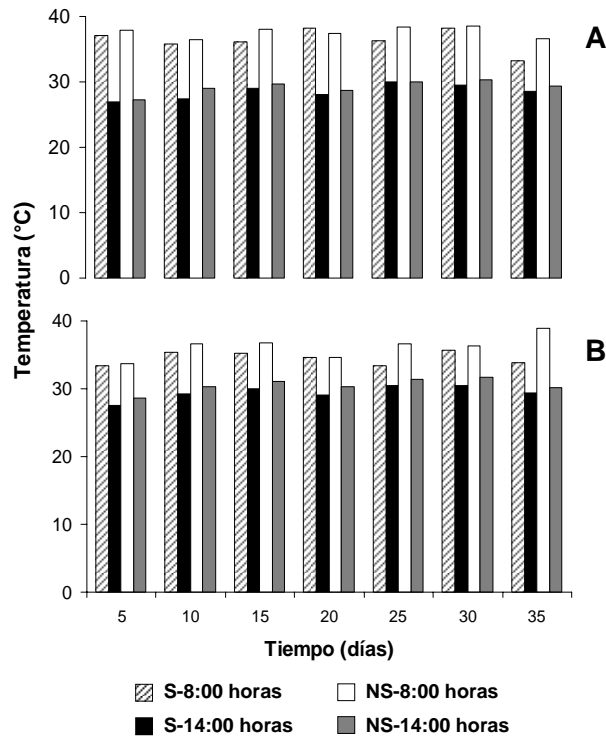


Figura 1. Temperatura promedio en dos horas del día en el suelo solarizado (S) y no solarizado (NS) a profundidades de 10 cm (A) y 20 cm (B)

Berbegal et al. (2008) encontraron que la temperatura del suelo a la profundidad de 30 cm fue aproximadamente 5 °C superior en las parcelas solarizadas que en las no solarizadas, mientras que Krishna y Kishnappa (1995) encontraron que un incremento de la temperatura del suelo de 8 °C en comparación con el tratamiento control, resultó en una reducción significativa en la densidad de las poblaciones de *Meloidogyne incognita* y *Fusarium oxysporum*. Así mismo Vidales-Fernández y Alcantar-Rocillo (1999) señalan que durante el proceso de solarización se logró alcanzar temperaturas por encima del punto crítico de *Phytophthora*

cinnamomi (34 °C), lo que redujo las poblaciones del patógeno y se obtuvo una rápida recuperación de las plantas afectadas. Ndiaye et al. (2007) lograron elevar la temperatura del suelo a 50 °C mediante solarización lo que produjo una reducción significativa en el suelo de *Macrophomina phaseolina*.

Se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0,01$) entre la aplicación y no aplicación de la solarización al suelo, tanto en la incidencia (Cuadro 2) como en la severidad (Cuadro 3) de la enfermedad. Así mismo, no hubo efecto de interacción ($P > 0,05$) entre la solarización y los abonos verdes ni entre los tipos de abonos sobre la incidencia y la severidad de la enfermedad.

A partir de los resultados de incidencia de la enfermedad (Cuadro 2) entre el suelo tratado y no tratado (18,16 vs. 52,33 %) se obtiene que esta diferencia representa un 65,29 % de control mediante el uso de la solarización. Con respecto a la severidad (Cuadro 3), se aprecia una reducción de la enfermedad cercana al 12 %.

Al observar los porcentajes de severidad encontrados en el presente trabajo, se destaca que la enfermedad se manifestó con índices bajos tanto en el tratamiento sin solarización (17,70 %) como en el tratamiento sin abonos verdes (13,66 %) (Cuadro 3).

En el caso de *P. terrestris*, la utilización de la solarización ha dado buenos resultados. Por ejemplo, Katan et al. (1980) encontraron una reducción de la incidencia y la severidad de la enfermedad en 73-100 % y un incremento del rendimiento de la cebolla de 59-125 % sobre el tratamiento testigo como resultado de la solarización. La utilización de esta técnica, aumentó la sobrevivencia de las plántulas e incrementó el rendimiento de la cebolla en la mayoría de los casos evaluados (Rabinowitch et al., 1981; Hartz et al., 1989).

Ndiaye et al. (2007) encontraron que tanto la solarización del suelo como la enmienda ejercieron un control significativo sobre *M. phaseolina* y el progreso de la enfermedad en plantas de frijol desarrolladas en suelos tratados, así como un efecto positivo sobre el rendimiento; los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos combinados, lo cual permitió una reducción del inóculo del suelo de 46-66 %. Igualmente, Ramírez-Villapudua y Munnecke (1988) mostraron que tanto la solarización del

suelo como la enmienda con repollo redujeron las poblaciones de *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans*, pero estos tratamientos no fueron tan efectivos como la combinación de ambos.

En las condiciones bajo las cuales se realizó esta investigación, la combinación de la solarización con los abonos verdes aportó pocas ventajas adicionales en relación con el efecto obtenido con el tratamiento de solarización. Similares resultados obtuvieron Berbegal et al. (2008) quienes señalan que aunque la solarización redujo el inóculo de *Verticillium dahliae* y la incidencia de la verticilosis de alcachofa, ningún beneficio adicional se obtuvo cuando se utilizó la solarización con enmiendas de residuos de coliflor. Gamliel y Stapleton (1995) señalan que el

uso de la materia orgánica en el control de los patógenos puede ser limitado debido a la baja concentración de los componentes volátiles tóxicos o por la insensibilidad de las estructuras de resistencia del patógeno.

En relación la incorporación de canavalia, crotalaria o soya, no se detectó efecto significativo ($P>0,05$) en el control de la raíz roja en la cebolla (Cuadros 2 y 3). Otras evaluaciones sobre el uso de la crotalaria indican que este abono verde no fue efectivo en reducir las poblaciones de *M. phaseolina* en ajonjolí, ya que si bien al inicio afectó el número de esclerocios en el suelo, no mantuvo el efecto inhibitor hasta el final del cultivo, momento en el cual la enfermedad causa los mayores daños (Cardona, 2008).

Cuadro 2. Efecto de la solarización del suelo, abonos verdes y su combinación sobre la incidencia (%) de la raíz roja (*P. terrestris*) en el cultivo de cebolla a los 60 días después del trasplante

Tratamiento	Canavalia	Crotalaria	Soya	Testigo	\bar{X}
Solarizado	17,33	16,66	17,33	21,33	18,16 a
No solarizado	48,00	58,00	48,00	55,33	52,33 b
\bar{X}	32,66 a	37,33 a	32,66 a	38,33 a	

Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Duncan ($P\leq 0,01$)

Cuadro 3. Efecto de la solarización del suelo, abonos verdes y su combinación sobre la severidad (expresada como intensidad de la enfermedad) de la raíz roja (*P. terrestris*) en el cultivo de cebolla a los 60 días después del trasplante

Tratamiento	Canavalia	Crotalaria	Soya	Testigo	\bar{X}
Solarizado	5,00	4,60	5,50	7,83	5,73 a
No solarizado	15,50	18,83	17,00	19,50	17,70 b
\bar{X}	10,25 a	11,71 a	11,25 a	13,66 a	

Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Duncan ($P\leq 0,01$)

CONCLUSIONES

La solarización del suelo por sí sola resultó efectiva para el control de la enfermedad raíz roja causada por *Pyrenochaeta terrestris* en cebolla.

La aplicación de abonos verdes a base de *Canavalia* sp., *Crotalaria* sp. y *Glycine max*, en un ciclo de cultivo, no agregó efecto apreciable sobre este método de control.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT-UCLA), por el financiamiento para la realización de este

trabajo y al personal del INIA-Quíbor por su contribución en la ejecución del ensayo.

LITERATURA CITADA

- Berbegal, M., García-Jiménez, J. y J. Armengol. 2008. Effect of cauliflower residue amendments and soil solarization on *Verticillium* wilt control in artichoke. Plant Dis. 92: 595-600.
- Cardona, R. 2008. Efecto del abono verde y *Trichoderma harzianum* sobre la población de esclerocios y la incidencia *Macrophomina phaseolina* en ajonjolí. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 25: 440-454.

3. Debode, J., E. Clewes, G. De Backer y M. Hofte. 2005. Lignin is involved in the reduction of *Verticillium dahliae* var. *longisporum* inoculum in soil by crop residue incorporation. *Soil Biol. Biochem.* 37: 301-309.
4. Gamliel, A. y J. Stapleton. 1993. Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. *Phytopathol.* 83: 899-905.
5. Gamliel, A. y J. Stapleton. 1995. Improved soil disinfestation by biotoxic volatile compounds generated from solarized, organic-amended soil. *Acta Hort.* 382: 129-137.
6. González, H. y G. García. 1991. Validación de tecnología para el control de *Pyrenochaeta terrestris* (Hansen) en cebolla (*Allium cepa* L.). *Agronomía Tropical* 41(3-4): 147-152.
7. Hartz, T., C. Bogle, D. Bender y F. Ávila. 1989. Control of pink root disease in onion using solarization and fumigation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114 (4): 587-590.
8. Katan, J., I. Roten, Y. Finkel y J. Daniel. 1980. Solar heating of the control of pink root and the other soilborne diseases in onions. *Phytoparasitica* 8(1): 39-50.
9. Krishna, V. y Kishnappa. 1995. Soil solarization for the control of soil-borne pathogen complexes with special reference to *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. *Indian Phytopathol.* 48(3): 300-303.
10. Maloy, O. 1993. *Plant Diseases Control. Principles and Practice.* Wiley. New York.
11. Ndiaye, M., A. J. Termorshuizen y A. H. C. Van Bruggen. 2007. Combined effects of solarization and organic amendment on charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina* in the sahel, Africa. *Phytoparasitica* 35(4): 392-400.
12. Ochiai, N., M.L. Powelson, R.P. Dick y F. J. Crowe. 2007. Effects of green manure type and amendment rate on *Verticillium* wilt severity and yield of Russet Burbank potato. *Plant Dis.* 91: 400-406.
13. Pacheco, J. y J. Pineda. 2004. Efecto de exudados de raíces de dos variedades de cebolla (*Allium cepa*) sobre el desarrollo de *Pyrenochaeta terrestris*. *Fitopatol. Venez.* 17: 33-37.
14. Rabinowitch, H., J. Katan e Y. Rotem. 1981. The response of onions to solar heating, agricultural practices and pink-root disease. *Sci. Hort.* 15: 331-340.
15. Ramírez-Villapudua, J. y D. Munnecke. 1988. Effects of solar heating and soil amendments of cruciferous residues on *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* and other organisms. *Phytopathol.* 78: 289-295.
16. Singh, J. y J. Faull. 1988. Antagonism and biological control. *Biocontrol of Plant Dis.* 2: 167-175.
17. Ulacio-Osorio, D., E. Zavaleta-Mejía, A. Pedroza-Sandoval y A. Martínez-Garza. 2006. Strategies for management of *Sclerotium cepivorum* Berk. in garlic. *J. Plant Pathology* 88: 253-261.
18. Vidales-Fernández, J. y J. Alcantar-Rocillo. 1999. Acción de la solarización y la materia orgánica en el control de la tristeza *Phytophthora cinnamomi* Rands del aguacate *Persea americana* L. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 5: 255-259.