

Efecto de solarización del suelo en la incidencia de Pudrición Blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk) del ajo (*Allium sativum* L.) en Aguascalientes

M. en C. Pablo Valle García
Ing. José L. Hernández R.
Ing. Ismael Iturriaga Ortiz
Ing. Víctor M. Rodríguez M.

RESUMEN

La evaluación de la técnica de solarización se realizó en un lote comercial del Municipio de Rincón de Romos en el cual se cultivó ajo en el ciclo inmediato anterior que fue afectado por Pudrición Blanca con una incidencia superior al 70%.

Inmediatamente después de la cosecha se preparó el terreno y se humedeció a "punto de siembra" para establecer los siguientes tratamientos: 1) Solarización; 2) Solarización + residuos vegetales (cebolla); 3) Solarización + Formol; 4) Solarización + residuos vegetales + Formol; y 5) Testigo absoluto.

La temperatura del suelo fue incrementada por el proceso de solarización pues en esta condición llegaron a registrarse temperaturas máximas promedio de 42°C mientras que en suelo desnudo solamente fueron de 31°C a 7 cm de profundidad mientras que en 14 cm la máxima promedio fue de 37.1°C en suelo solarizado y de 28.1°C en suelo desnudo.

El incremento en la temperatura del suelo logrado por el proceso de solarización significó una disminución en la población de esclerocios (estructuras de resistencia de *S. cepivorum*) y en relación directa ($r = 0.99$) disminuyó la incidencia de la enfermedad y en relación inversa ($r = -0.98$) con esta última se incrementó el rendimiento.

INTRODUCCION

El ajo (*Allium sativum* L.) es una especie que se ha adaptado a las condiciones agroecológicas del norte del Estado de Aguascalientes y según estadísticas de la Confederación Nacional de Productores de Hortalizas⁴ Guanajuato y Aguascalientes aportan anualmente casi el 75% de la producción nacional, gran parte de ella con fines de exportación.

En Aguascalientes se cultivan anualmente entre 1000 y 1500 has. y en el ciclo 90-91 se sembraron 1444 has. con una producción de 10,877 ton y un valor de 20,861 millones de pesos⁷. Además de su importancia económica, la explotación del ajo genera empleos tanto en actividades de campo como en la industria empacadora y en procesos de comercialización especialmente en la época invierno-primavera, cuando otras actividades agrícolas se encuentran en receso. Por su relevancia socioeconómica es

comprensible que cualquier factor adverso que interfiera en su productividad adquiere especial importancia como es el caso de la Pudrición Blanca, enfermedad altamente destructiva causada por el hongo habitante del suelo *Sclerotium cepivorum* Berk que se ha detectado en diversos lugares de la región, en algunos casos provocando pérdidas significativas. En el Bajío se registró en el curso de dos ciclos (83-84 y 84-85) un decremento en la superficie sembrada con ajo del 50% por efecto de la enfermedad¹⁴.

En condiciones de almacenamiento el hongo prosigue su acción destructiva y al respecto Salomón¹³ consigna pérdidas hasta del 10%.

Una característica importante del patógeno es su capacidad de sobrevivencia, que deriva de la formación de esclerocios, los cuales según Coley Smith³ persisten en el suelo en condiciones viables por muchos años, aún en ausencia de plantas susceptibles; al respecto Crowe y Hall⁵, Chupp y Arden² y Romero¹² afirman que *S. cepivorum* puede sobrevivir como esclerocio por períodos de cuatro a diez años en ausencia de especies de *Allium*.

Asimismo el patógeno es fácilmente diseminable en los "dientes" que se utilizan como semilla, y a nivel de terreno por el movimiento de suelo realizado durante las labores agrícolas; la irrigación por gravedad también propicia la dispersión del suelo contaminado con esclerocios.

No obstante que el patógeno aún no se encuentra plenamente establecido en Aguascalientes, con los antecedentes mencionados, es conveniente conocer algunas técnicas para el manejo de la enfermedad. Para ello en el presente trabajo se fijó como objetivo: abatir la población del patógeno mediante la técnica de solarización y por consecuencia reducir la incidencia de la enfermedad e incrementar la producción del ajo en suelos contaminados.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en un lote comercial del Municipio de Rincón de Romos, Ags., que en el ciclo previo a la evaluación (1987-1988) se cultivó con ajo y en él se registró una incidencia de Pudrición Blanca superior al 70%.

Inmediatamente después de la cosecha se procedió a preparar el lote experimental en una superficie de 918 m²

(54X17m); para ello se aplicó un riego ligero para facilitar el paso de la rastra y dejar la humedad del terreno a "punto de siembra". Bajo estas condiciones se procedió a la aplicación de los siguientes tratamientos:

- 1.- Solarización.
- 2.- Solarización + Residuos Vegetales
- 3.- Solarización + Formol
- 4.- Solarización + Residuos Vegetales + Formol
- 5.- Testigo Absoluto

La solarización consistió en cubrir cada una de las parcelas correspondientes con una película de polietileno transparente de poco espesor (50 micras) para captar la radiación solar y aumentar la temperatura del suelo a niveles letales al patógeno.

Como residuos vegetales se emplearon trozos de bulbo de cebolla en dosis de 5 kg/parcela con el fin de estimular la germinación de los esclerocios y hacerlos más vulnerables al calor.

El formol se aplicó diluido en agua al 10% y se asperjaron tres litros de esta preparación por parcela, mediante una aspersora de mochila, para aprovechar la acción fumigante de este producto.

Inmediatamente después de la aplicación de los residuos vegetales y el fumigante se colocaron las cubiertas de polietileno, cuyos bordes se sellaron con tierra.

El terreno estuvo sometido a estas condiciones por un periodo de 42 días a partir del 6 de Mayo de 1988. Antes y después del mismo se colectaron muestras de suelo de cada parcela experimental en tres estratos de profundidad (0-10, 10-20 y 20-30 cm) para determinar la población de esclerocios; para ello de cada muestra se procesaron 100 g de suelo y se extrajeron los esclerocios mediante el método de gradiente de suspensión.

El diseño experimental fue cuadro Latino (5x5) con parcelas de 30 m² (3x10m); se dejó una separación de 0.5 m entre parcelas y de 1.0 m entre repeticiones.

En cada parcela se registró la temperatura del suelo a 7 y 14 cm de profundidad dos veces por semana a la hora que previamente se determinó como la de mayor insolación (2 a 4 p.m.)

Antes del siguiente ciclo del cultivo se preparó el terreno para la siembra del ajo, teniendo la precaución de delimitar perfectamente la ubicación de las parcelas y evitar en esta forma la reinfestación de las que fueron solarizadas, para ello se requirió remover y surcar el terreno con herramientas manuales, laborando independientemente cada parcela y trabajando al final las correspondientes al testigo.

Para la aplicación del riego se trazaron canales entre cada repetición y tanto éstos como el canal derivador se recubrieron con polietileno negro para evitar el arrastre del suelo infestado hacia el área experimental.

En cada parcela se trazaron tres surcos con separación de 90 cm y en ellos se sembró ajo de la variedad

Perla en hilera sencilla sobre el "lomo" del surco a 15 cm de separación entre plantas.

Al aparecer los primeros brotes de la enfermedad se inició la evaluación de la incidencia (%) mediante el conteo del total de plantas por parcela y la cantidad de plantas con síntomas; se realizaron siete evaluaciones entre Diciembre de 1988 y Abril de 1989.

Al final del ciclo se midieron los rendimientos obtenidos en el surco central de cada parcela experimental.

Los datos de los diferentes parámetros se analizaron estadísticamente en base al diseño experimental empleado y en los casos en que el análisis de varianza reveló diferencias significativas para tratamientos se aplicó la prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5%. Asimismo se corrieron pruebas de correlación entre la población de esclerocios, la incidencia de la enfermedad y el rendimiento del ajo para detectar la influencia de las variables independientes sobre las dependientes.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 1 se presenta la fluctuación de la temperatura en suelo solarizado y en suelo descubierto, a dos niveles de profundidad (7 y 14 cm) durante las seis semanas de duración del período de solarización. Es evidente que la ubicación de éste en el tiempo fue óptima considerando que las máximas temperaturas se registraron a mediación del período de solarización; al respecto algunos investigadores (1, 9 y 10) afirman que los mejores resultados con la solarización se obtienen cuando los días son largos, la temperatura del aire es alta, el cielo está despejado y el viento en calma. Algunas de estas condiciones prevalecieron especialmente en las cuatro semanas intermedias, período en el que se lograron temperaturas máximas promedio de 42°C en suelo solarizado y de 31°C en suelo desnudo a 7 cm de profundidad. A 14 cm de profundidad la máxima promedio en suelo solarizado fue de 37.1°C y en suelo desnudo de 28.1°C.

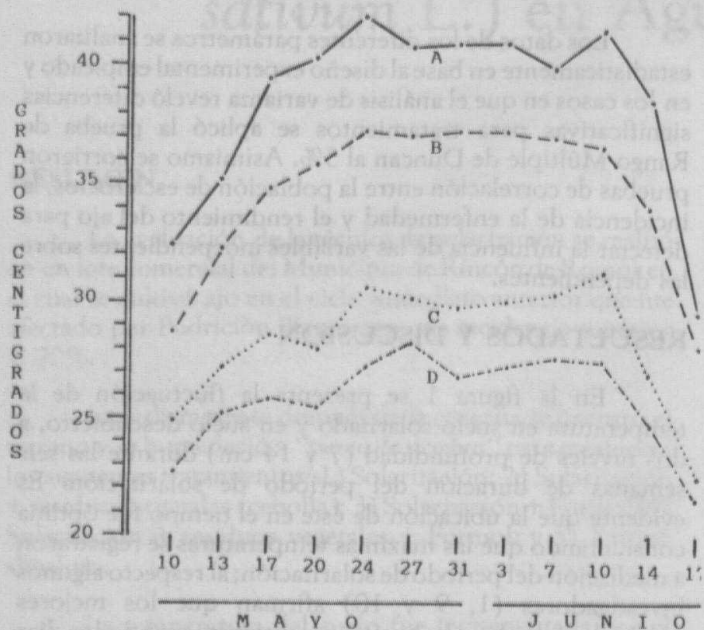
La temperatura del suelo se incrementó significativamente en los tratamientos sometidos a solarización con respecto al tratamiento no solarizado (testigo). En la figura 2 se ilustran tales diferencias y en ella también resulta evidente que la temperatura es mayor en el estrato superficial (7 cm) que a mayor profundidad (14 cm). Al respecto Vidales et al ¹⁵ reportan resultados similares cuando aplicaron esta tecnología para el combate de *Fusarium oxysporum* en melón y encontraron que las diferencias de temperatura entre un suelo solarizado y uno descubierto osciló de 10 a 18°C a 5 cm de profundidad; también mencionan que a mayor profundidad la diferencia de temperatura con el suelo testigo tiende a reducirse considerablemente. Por su parte Ramírez y Munnecke ¹¹ en California consignan que tanto las temperaturas mayores como la máxima promedio fueron superiores en suelos solarizados y asimismo indican que la temperatura mostró una relación inversa con la profundidad del suelo.

En referencia a la población de esclerocios en el suelo, se registró una disminución significativa después de la solarización en los tratamientos sometidos a este proceso,

que fluctuó entre el 27.1 y 81.1%; por el contrario en el testigo la cantidad de esclerocios se incrementó en 80.9%. En el cuadro 1 y en la figura 3 se presentan los resultados al respecto.

FIG. 1

TEMPERATURA DEL SUELO A DOS NIVELES DE PROFUNDIDAD DURANTE EL PERIODO DE SOLARIZACIÓN

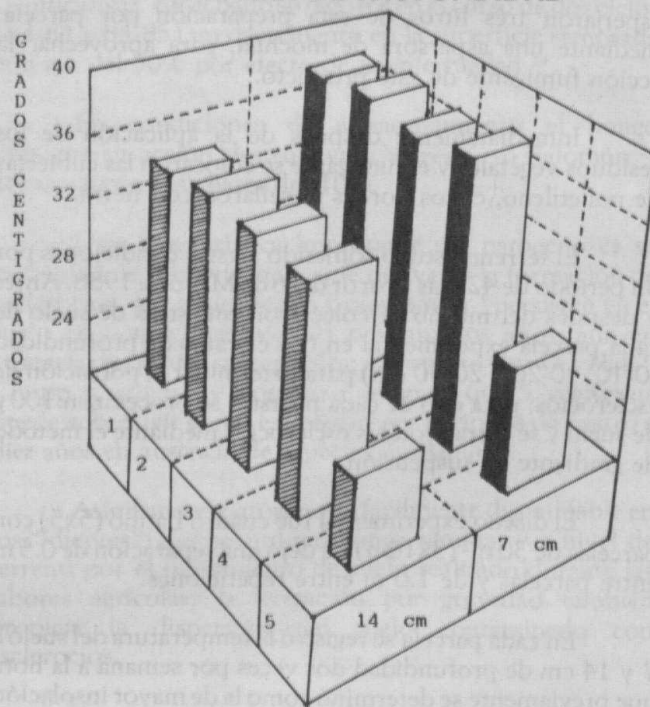


A = Tratamientos solarizados a 7 cm de profundidad
 B = Tratamientos solarizados a 14 cm de profundidad
 C = Testigo a 7 cm de profundidad
 D = Testigo a 14 cm de profundidad

1 = Solarización
 2 = Solarización + Residuos Vegetales
 3 = Solarización + Formol
 4 = Solarización + Residuos Vegetales + For
 5 = Testigo

FIG. 2

INFLUENCIA DE LOS TRATAMIENTOS EN LA TEMPERATURA DEL SUELO A DOS NIVELES DE PROFUNDIDAD



CUADRO 1
 POBLACION DE ESCLEROCIOS POR TRATAMIENTO, ANTES Y DESPUES DEL PERIODO DE SOLARIZACIÓN

TRATAMIENTO	Esclerocios por 100 g de suelo (*)			%
	Antes	Después	Diferencia	
1.- Solarización	4.8	3.5 a	1.3	-27.1
2.- Solarización + R. Veg.	5.7	1.7 a	4.0	-70.2
3.- Solarización + Formol	4.2	1.9 a	2.3	-54.8
4.- Solariz. + R.V. + Formol	3.7	0.7 a	3.0	-81.1
5.- Testigo Absoluto	4.7	8.5 b	-3.8	+80.9

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales en base a la prueba de Rango Múltiple de Duncan al 0.05

* La cantidad de esclerocios corresponde al promedio derivado de la suma de los tres estratos de muestreo.

La irregularidad en la cantidad de esclerocios observada antes del período de solarización, puede considerarse como un indicio de que la distribución del patógeno en el suelo no es homogénea, aunque estadísticamente no se detectaron diferencias; en contraste después de la solarización se registró una diferencia significativa entre los tratamientos solarizados y el testigo.

Cuando la población de esclerocios se analizó por estrato de profundidad se detectó diferencia estadística y correspondió la mayor cantidad al estrato superficial (0-10 cm), decreciendo la población al profundizar en el muestreo (cuadro 2, fig. 4). Esta mayor concentración en el primer estrato se debe probablemente a que tanto el bulbo como las raicillas más abundantes del ajo se concentraron en esa capa de suelo.

CUADRO No. 2
POBLACION DE ESCLEROCIOS POR ESTRATO DE PROFUNDIDAD DE MUESTREO ANTES Y DESPUES DEL PERIODO DE SOLARIZACION

Profundidad (cm)	Esclerocios por 100 g de suelo (*)			%
	Antes	Después	Diferencia	
0-10	7.4 a	5.2 a	2.2	-29.7
10-20	3.8 b	2.7 b	1.1	-28.9
20-30	2.6 b	2.0 b	0.6	-23.1

Los estratos con la misma letra son estadísticamente iguales en base a la prueba de Rango Múltiple de Duncan al 0.05
* La cantidad de esclerocios corresponde al promedio derivado de la suma de los cinco tratamientos.

FIG. 3

POBLACION DE ESCLEROCIOS POR TRATAMIENTO ANTES Y DESPUES DEL PERIODO DE SOLARIZACION

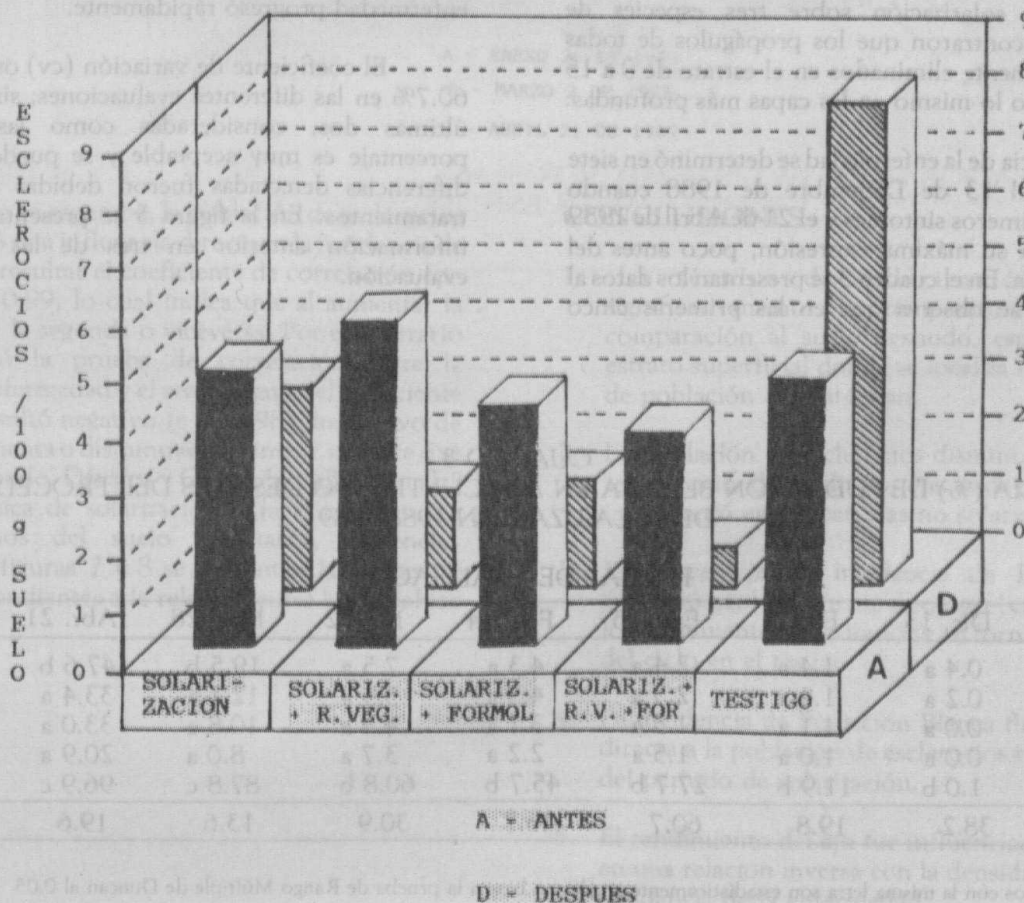
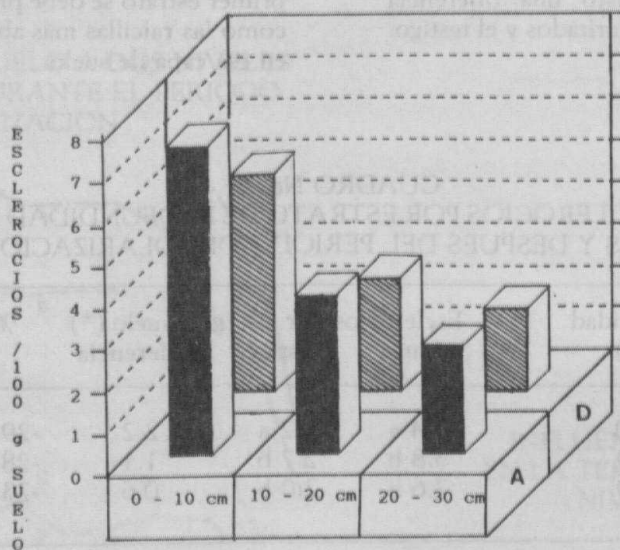


FIG. 4

POBLACION DE ESCLEROCIOS POR ESTRATO DE PROFUNDIDAD DE MUESTREO ANTES Y DESPUES DEL PERIODO DE SOLARIZACION



A - ANTES

D - DESPUES

Sin embargo es precisamente en ese primer estrato donde la solarización del suelo tiene su máxima influencia, pues fue evidente que la mayor reducción de inóculo (29.7%) ocurrió en la capa superficial, no obstante que la población inicial era la mayor de los tres niveles; una tendencia similar detectaron Juárez et al⁸ cuando evaluaron el efecto de la solarización sobre tres especies de *Phytophthora* y encontraron que los propágulos de todas ellas fueron totalmente eliminados en el estrato de 0 a 15 cm, no ocurriendo lo mismo en las capas más profundas.

La incidencia de la enfermedad se determinó en siete ocasiones entre el 13 de Diciembre de 1988 cuando aparecieron los primeros síntomas y el 21 de Abril de 1989 cuando llegaron a su máxima expresión, poco antes del período de cosecha. En el cuadro 3 se presentan los datos al respecto en que se observa que en las primeras cinco

evaluaciones se detectaron diferencias estadísticas entre los tratamientos sometidos a solarización con el testigo y en las últimas dos la incidencia de Pudrición Blanca se incrementó ligeramente en el tratamiento que solamente fue solarizado con diferencia estadística a los tratamientos combinados, pero a su vez también diferente al testigo en el que la enfermedad progresó rápidamente.

El coeficiente de variación (cv) osciló entre 13.6 y 60.7% en las diferentes evaluaciones; sin embargo en las últimas dos, consideradas como las definitivas su porcentaje es muy aceptable y se puede asumir que las diferencias detectadas fueron debidas al efecto de los tratamientos. En la figura 5 se presenta gráficamente la información anterior en tres de las siete fechas de evaluación.

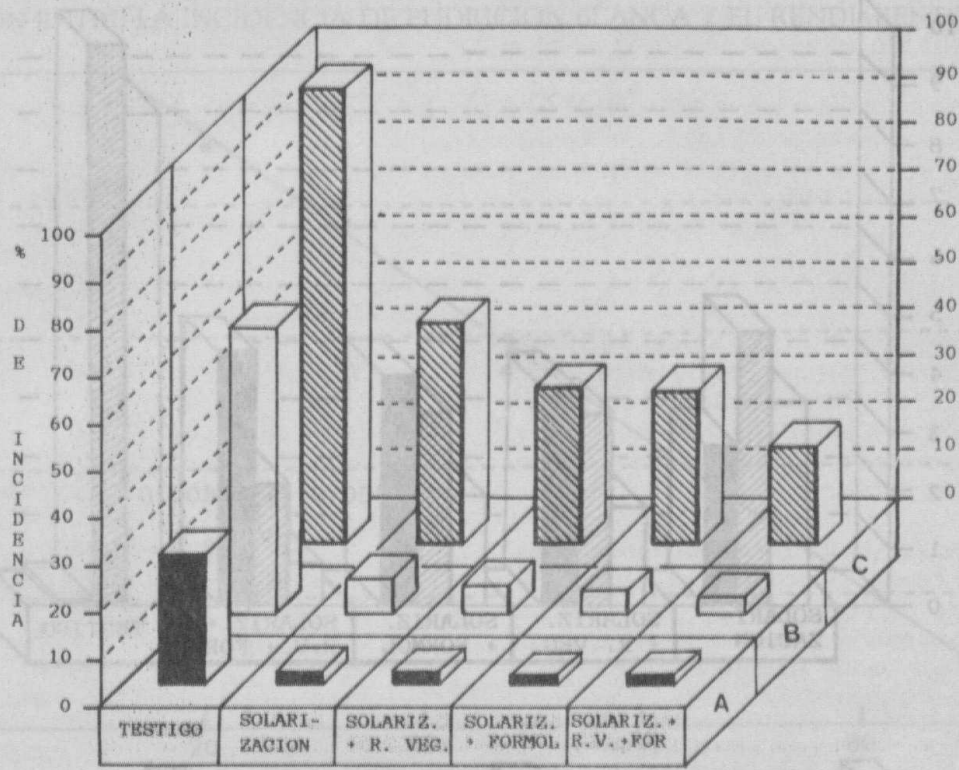
CUADRO 3
INCIDENCIA (%) DE PUDRICION BLANCA EN AJO CULTIVADO DESPUES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLARIZACION 1988-1989

Trat.	FECHAS DE EVALUACION						
	Dic. 13	Ene. 3	Ene. 25	Feb. 14	Mar. 2	Mar. 28	Abr. 21
1	0.4 a	1.4 a	2.4 a	4.3 a	7.5 a	19.5 b	47.6 b
2	0.2 a	1.4 a	2.5 a	4.5 a	5.9 a	12.1 a	33.4 a
3	0.0 a	1.1 a	1.5 a	3.2 a	4.4 a	10.8 a	33.0 a
4	0.0 a	1.0 a	1.5 a	2.2 a	3.7 a	8.0 a	20.9 a
5	1.0 b	11.9 b	27.7 b	45.7 b	60.8 b	87.8 c	96.9 c
c.v. (%)	38.2	19.8	60.7	46.7	30.9	13.6	19.6

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales en base a la prueba de Rango Múltiple de Duncan al 0.05

FIG. 5

INCIDENCIA DE PUDRICION BLANCA DEL AJO POR TRATAMIENTO EN LA TERCERA, QUINTA Y SEPTIMA FECHAS DE EVALUACION



A - ENERO 25 DE 1989
 B - MARZO 2 DE 1989
 C - ABRIL 21 DE 1989

Tal y como se esperaba, la población de esclerocios en el suelo mostró una influencia directa en la incidencia de la enfermedad al resultar el coeficiente de correlación con un valor de $r = 0.99$, lo cual indica que al aumentar la primera, aumenta la segunda o viceversa. Por el contrario cuando se corrió la prueba de correlación entre la incidencia de la enfermedad y el rendimiento, el coeficiente de correlación resultó negativo ($r = -0.98$), indicativo de que conforme aumenta o disminuye la primera, decrece o se incrementa el segundo. Dávalos y Castro⁶ y Pullman et al¹⁰ al evaluar la técnica de solarización para el combate de diversos patógenos del suelo detectaron tendencias similares. En las figuras 7 y 8 se presentan las líneas de regresión correspondientes a la relación entre las variables estudiadas.

CONCLUSIONES

- 1.- La técnica de solarización incrementó significativamente la temperatura del suelo en comparación al suelo desnudo, especialmente en el estrato superficial donde se localiza la mayor densidad de población del patógeno.
- 2.- La población de esclerocios disminuyó al aumentar la temperatura del suelo por efecto de la solarización y se incrementó en las parcelas no solarizadas (testigo).
- 3.- El porcentaje de incidencia de Pudrición Blanca aumentó paulatinamente durante el ciclo del cultivo en los tratamientos solarizados y en forma drástica a mitad del ciclo en el testigo.
- 4.- La incidencia de Pudrición Blanca fluctuó en relación directa a la población de esclerocios registrada después del periodo de solarización.
- 5.- El rendimiento del ajo fue influenciado negativamente en una relación inversa con la densidad del patógeno e incidencia de la enfermedad.

FIG. 6

EFFECTO DE LA SOLARIZACION DEL SUELO EN LA POBLACION DEL PATOGENO, EN LA INCIDENCIA DE PUDRICION BLANCA Y EN EL RENDIMIENTO DEL AJO

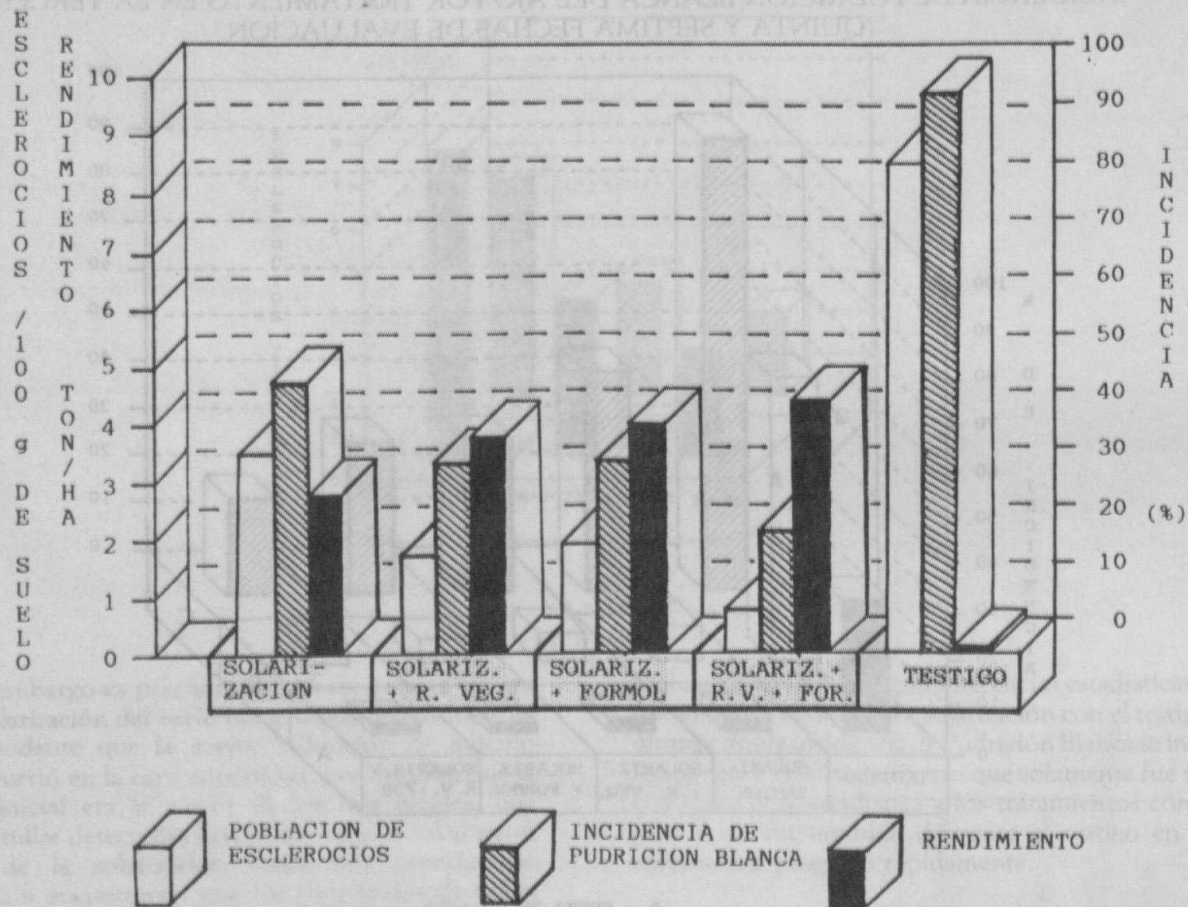


FIG. 7

RELACION ENTRE LA DENSIDAD DE POBLACION DEL PATOGENO Y LA INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD

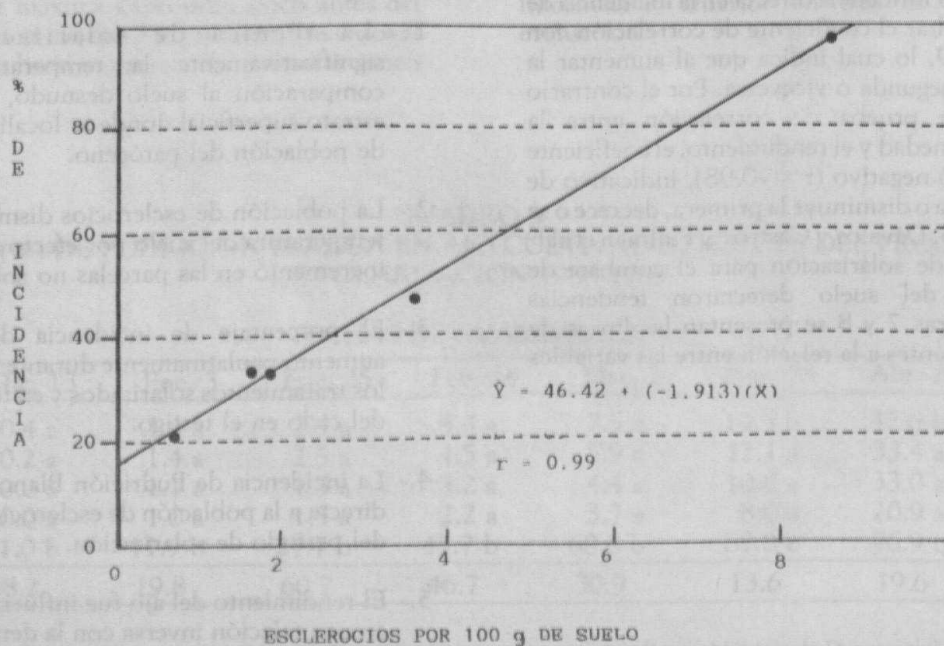
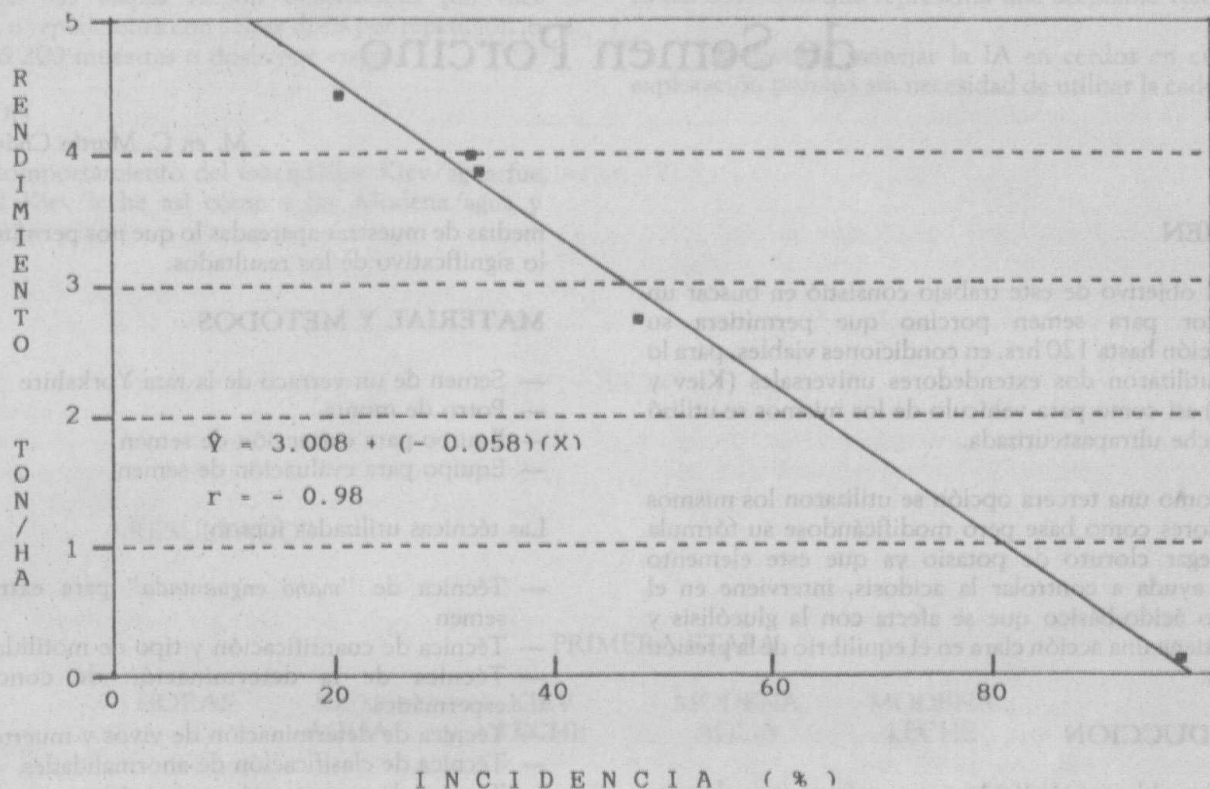


FIG 8

RELACION ENTRE LA INCIDENCIA DE PUDRICION BLANCA Y EL RENDIMIENTO DEL AJO



LITERATURA CITADA

¹ Ashworth, L.J. Jr., and Gaona, S.A. 1982. Evaluation of clear polyethylene mulch for controlling *Verticillium* wilt in established pistachio nut groves. *Phytopathology* 72: 243-246.

² Chupp, C. and Arden F. 1960. *Vegetable diseases and their control*. Ronald press Publ. p. 393-394.

³ Coley-Smith, J.R. 1959. Studies of the biology of *Sclerotium cepivorum* Berk III Host range, persistence and viability of Sclerotia. *Ann Appl. Biol.* 47:511-518.

⁴ Confederación Nacional de Productores de Hortalizas. 1989. *Memorias Asamblea Nacional Especializada de productores de Ajo. Temporada 1989-1990*.

⁵ Crowe, F.J. and Hall D.H. 1980. Vertical distribution of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* and host root systems relative to white rot of onion and garlic. *Phytopathology* 70(1):70-73.

⁶ Dávalos, G.P.A. y Castro, F.J. 1987. La solarización como un medio de control para la secadera de la fresa en Irapuato, Gto. *Memorias XIV Congreso Nal. de Fitopat.*, Morelia, Mich. p. 68.

⁷ Distrito de Desarrollo Rural 001. Evaluación del ciclo Agrícola Otoño-Invierno 1990/91. Unidad de Programación. SARH., Ags.

⁸ Juárez, P.J.C., De Vay, J.E. y Félix, G.R. 1990. Sobrevivencia de los propágulos de tres especies de *Phytophthora* al efecto de la solarización del suelo. *Memorias del XVII Congreso Nacional de la Soc. Mexicana de Fitopatología*, Culiacán Sin. p. 110.

⁹ Katan J., Greenberger, A., Alan, H., and Grinstein, G., 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology* 66:683-688.

¹⁰ Pullman, G.S., De Vay, J.E., Elmore, C.L., and Hart, W.H. 1984. Soil solarization, a nonchemical method for controlling diseases and pests. Cooperative Extension. University of California. División of Agriculture and Natural resources Leaflet 21377.

¹¹ Ramírez V.J. and Munnecke, D.E. 1986. Solar heating and amendments control cabbage yellows. *California Agriculture*. 40(5-6): 11-13.

¹² Romero, C.S. 1988. *Hongos Fitopatógenos*. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. México. p. 338-343.

¹³ Salomón, M. 1979. La production de l'ail et les problemes de la poirriture blanche. *Pepinieristes, horticulteurs, maraiches*. 200: 31-32.

¹⁴ Valle, G.P. 1989. Pudrición Blanca del Ajo. Enfermedad que se extiende en Aguascalientes. *Desplegable para productores No. 12 INIFAP-CIFAP*, Ags.

¹⁵ Vidales, F.J.A., Munro, O.D. y Alcántar R.J.J. 1987. Control de Patógenos del suelo mediante el uso de energía solar en el cultivo de melón en el Valle de Apatzingán, Mich. *Memorias XIV Congreso de Fitopatología*, Morelia, Mich. p. 69.