

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



*La Solarización del Suelo como una forma de
Control de Organismos Fitopatógenos.*

Seminario
(Opción 11-A)

Que para obtener el Título de
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

Presenta:
JESUS LOZANO MENDEZ

T

S593

L69

c.1



1080061613

T
5593
L69

040.631
FA8
1987
C-5



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



LA SOLARIZACION DEL SUELO COMO UNA FORMA DE CONTROL
DE ORGANISMOS FITOPATOGENOS

SEMINARIO
(OPCION II-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:
JESUS LOZANO MENDEZ

MARIN, N.L.

NOVIEMBRE DE 1987.

07548 *ELM*

DEDICATORIA

A mis padres:

SR. ROGELIO LOZANO PAEZ

SRA. ANA MARIA MENDEZ DE LOZANO

Por la gran confianza y paciencia y
apoyo que han tenido para conmigo.

A MIS FAMILIARES

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

AGRADECIMIENTO

A mi asesor;

Ph.D. JOSE LUIS DE LA GARZA G.

Con admiración y respeto por sus enseñanzas, consejos y la asesoría y apoyo dados para la realización de este trabajo.

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION.....	1
MATERIALES Y METODOS.....	5
RESULTADOS.....	6
Control de Organismos Fitopatógenos usando únicamente sola ricación.....	6
Control de Organismos Fitopatógenos usando solarización -- más un control adicional.....	30
DISCUSION.....	43
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES.....	55
BIBLIOGRAFIA.....	57

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO:	Pág.
1 Temperaturas máximas alcanzadas en varios sitios en California en parcelas solarizadas y no solarizadas.....	17
2 Porcentajes en la reducción de la incidencia de densidades de población de algunos fitopatógenos en 2 sitios de California.....	27
3 Efecto de la solarización y 1,3-Dicloropropano - (1,3-D) sobre las densidades de población de nemátodos del suelo en California.....	31

FIGURA

1 Efecto de la solarización del suelo sobre las densidades de población de bacterias gram-positiva en suelo (0-46 cm de profundidad) en dos sitios (1979-1980). Las líneas continuas indican los tratamientos solarizados; las líneas cortadas indican los tratamientos no solarizados .UFC = medio de unidades de formación de colonias....	13
2 Efecto de la solarización del suelo sobre las densidades de población de Pseudomonas fluorescentes en suelo (0-46 cm de profundidad) en dos sitios (1979-1980). Los corchetes () indican --	

Los puntos del dato no significativamente diferente (P .05) de acuerdo a la prueba t-Student de medias independientes. Las líneas continuas indican los tratamientos solarizados; las líneas cortadas indican los tratamientos no solarizados. -- UFC=medios de unidades de formación de colonias..

19

- 3 Efecto de la solarización del suelo sobre las densidades de Agrobacterium spp. en suelo (0-46 cm de profundidad) en dos sitios (1979-1980). Los corchetes () indican los puntos del dato no significativamente diferente (P .05) de acuerdo a la prueba t-Student de medias independientes. Las líneas continuas indican los tratamientos solarizados; las líneas cortadas indican los tratamientos no solarizados. UFC=medios de unidades de formación de colonias. Fuente: Stapleton J.J. and DeVay, J.E. 1982.....

23

- 4 Efecto del cubrimiento del suelo con hojas de polietileno transparente sobre el control de Verticillium dahliae. Microesclerocios de los patógenos (en inóculo de paja de trigo) fueron incorporados en varias profundidades en suelo cubierto y no cubierto. Fuente: Katan J.(et al), 1976.....

24

- 5 Efecto del calentamiento solar del suelo sobre tizón sureño en cacahuate. A-- Porcentaje acumulativo de plantas completamente destruidas por Sclerotium rolfsii durante el período de desarrollo. B-- Porcentaje de plantas enfermas determinadas en cosecha después de sacadas las plantas. Dato de todos los tratamientos cubiertos que son significativamente diferentes ($P = .05$) de los respectivos no cubiertos. Fuente: Grinstein, A. (et al) 1979.....

INTRODUCCION

Los patógenos del suelo causan daños severos a la mayoría de las cosechas agrícolas y reducen la producción y calidad. Altas pérdidas frecuentemente forzan un cambio a cantidades más pequeñas de siembra o a un abandono del área afectada, esto sucede en regiones donde algunas siembras son plantadas frecuentemente en el mismo suelo. De este modo el desarrollo de métodos efectivos y económicos de control de enfermedades son necesarios para asegurar firmemente rendimientos altos y rentabilidad provechosa. Las pérdidas económicas pueden ser por la manipulación de uno o más componentes vivos implicados en las enfermedades, es decir los patógenos, planta hospedero y microorganismos circundantes del suelo. Aunque muchos métodos de control han sido desarrollados en décadas pasadas, sólo una pequeña proporción de lo sucedido en el laboratorio o invernadero ha sido trasladado a los procedimientos de prácticas rutinarias - para el campo, además cualquier método no es aplicable en todas las instancias.

De este modo, la búsqueda de nuevos métodos, efectivos, baratos y no peligrosos para el control de enfermedades del suelo continúa.

Métodos biológicos, químicos y físicos han sido usados antes en los plantíos para reducir la densidad del inóculo o potencial del mismo en el suelo. Generalmente, la desinfección del suelo es principalmente por medios drásticos como fumigación (químico) o vapor (físico). Esto es altamente efectivo --

controlando varias enfermedades causadas por Fusarium, Verticillium, Phytophthora , pero es limitado por consideraciones de seguridad, de necesidad por equipo complicado, alta preparación del personal, alto costo, pesticidas residuales y fitotóxicos, y -- reinfestación del suelo, hay una reducción drástica en -- los microorganismos antagónicos.

Vistos los pros y contras de estos métodos, se sugiere en este estudio una nueva forma para el control de enfermedades -- del suelo con sus rangos de aplicación y perspectivas para su uso futuro (7).

La forma que se propone es la solarización del suelo, la cual es un método de desinfección del suelo para el control de enfermedades, dirigido a erradicar o reducir antes de la planta ción usando medios drásticos, el inóculo existente en el suelo -- (8).

Definición de solarización del suelo.- Calentamiento del -- suelo hidro-térmico por la cubierta del suelo húmedo, con hojas de polietileno transparente, durante los meses de verano -- (20,21).

Definición de solarización.- Control de plagas con calenta miento inducido por cubrimiento de suelos con hojas de polietileno durante el tiempo de más calor (1).

Definición de solarización (pasteurización solar).- Impli -- ca cubierta de suelo húmedo con polietileno transparente a incrementar las temperaturas del suelo a niveles letales a las -- plagas del suelo (12,13).

Definición de solarización.- Calentamiento del suelo por la energía solar sobre el suelo humedecido, cubierto con hojas de polietileno delgado transparente durante los meses más calientes del año (verano).

Este método también es llamado, calentamiento solar, el introducido americano solarización del suelo, trampas de plástico o polietileno del suelo, ya que este método implica calentamientos repetidos diariamente a temperaturas relativamente moderadas, el término de pasteurización solar también es justificado.

El objetivo principal es realizar una reducción económica en la incidencia de las enfermedades por lo menos en una temporada (8).

La gran mayoría de los trabajos acerca de este método han sido llevados a cabo en Israel, y algunos otros en los E.U. -- principalmente en California.

Su efectividad ha sido positivamente alta en la reducción de la incidencia de nemátodos, malezas, hongos fitopatógenos, bacterias, etc. (8).

En algunos trabajos realizados en México (Puebla, Chapingo, Irapuato, Michoacán) también se han obtenido resultados satisfactorios en el control de nemátodos principalmente (2,10).

Estudios extensivos por muchos investigadores en el mundo muestran que a 30 minutos a 65°C se logra el mayor número de muertes de los más importantes patógenos de plantas, insectos, malezas, etc. (16,17).

Este método de control se lleva a cabo en los meses (más calientes) de verano, a este método se le añaden algunas variaciones como el de usar además de la solarización un sombreado, ya sea con polietileno de color negro, vegetales, etc.

También puede ser añadido un sistema de riego por goteo para mantener húmedo el suelo y así evitar el quitar las cubiertas de plástico para humedecerlo.

Algunas veces se usa este control con la ayuda de algún herbicida, nematocida, fungicida, etc., para poder obtener mejores resultados en el control de los organismos que se desean eliminar.

Muchos trabajos de investigación están siendo llevados a cabo en Israel y E.U.A., ya que como es un método relativamente reciente y se le han visto grandes posibilidades de éxito, ambos países desarrollan más trabajos, ya que en la medida que se estudie más acerca de este método serán mayores los beneficios que se obtengan al usarlo.

MATERIALES Y METODOS

El principal material utilizado en este método de control es el siguiente: Hojas de polietileno transparente de 25 μ m de grueso.

El método de solarización consisten en lo siguiente:

- 1) Preparar el terreno (ararlo, barbecharlo, surcarlo) en el cual se va a aplicar el método.
- 2) Humedecer el terreno y mantenerlo así durante el cubrimiento para incrementar la sensibilidad térmica de las estructuras de reposo y beneficiar la conducción del calor.
- 3) Cubrir el terreno con polietileno transparente, el cual debe ser lo más delgado posible (25-30 μ m de grueso), ya que permite mejor la transmisión de la radiación solar, el plástico debe quedar enterrado en el suelo para evitar cualquier entrada de aire o cualquier otro agente externo.
- 4) El período de cubrimiento debe ser lo suficientemente amplio, normalmente 4 semanas o más, ya que las temperaturas en las capas profundas del suelo son más bajas que en las de la superficie, de esta manera se puede lograr el control de todos los organismos perjudiciales del suelo a todas las profundidades deseadas, las temperaturas son tomadas con un termómetro (8).

RESULTADOS

Algunos resultados que se han obtenido con el empleo de este método, llevados a cabo por muchos investigadores se mencionan a continuación:

Control de Organismos Fitopatológicos usando únicamente Solarización

Varios experimentos fueron realizados en 1981 y 1982 para evaluar la efectividad de la solarización para reducir las poblaciones de Globodera rostochiensis Behrens bajo condiciones de campo en New York. Se usó un diseño de bloques al azar para probar los efectos del plástico transparente, plástico negro, y sin plástico (todos con y sin riego) sobre la viabilidad de juveniles enquistados en suelo arcillo-barroso en el condado de Steuben, N.Y. Fueron parcelas de 2x8 m y cada tratamiento fué repetido 4 veces (9).

Los resultados mostraron una reducción de 96.2 y 98.6% en los juveniles enquistados en cubierta de plástico transparente, siendo este más efectivo que el plástico negro y sin plástico durante 1981. El porcentaje de reducción de juveniles enquistados de suelo naturalmente infestado en 1982 bajo plástico transparente fué más alto que el logrado bajo el sin plástico (77 y 66% comparado con 30 y 1%). La incubación de los quistes bajo plástico transparente fue menor que el testigo a las 3 profundidades (5, 10 y 15 cm) y bajo plástico negro a las profundidades de 5 y 10 cm. La solarización con plástico transparente en

1981 eliminó por completo los juveniles enquistados viables de G. rostochiensis a 5 cm, no hubo diferencias significativas aparentes a los 10 y 15 cm de profundidad en 1981 o para algunas profundidades en 1982. En 1981 las temperaturas del suelo a 5-cm de profundidad bajo el plástico transparente fueron de 47°C por 1 hora, el suelo a 10 y 15 cm no tuvo temperaturas letales. En el verano de 1982 las temperaturas del suelo a 5 cm de profundidad bajo el plástico transparente fueron de 45°C por 1-hora (9).

Otro trabajo llevado al cabo en Arizona para evaluar la eficiencia de la solarización en la reducción de las poblaciones del suelo de Macrophomina phaseolina (Tassi) Goid y Sclerotium rolfsii Sacc, se hizo en 5 campos de ensayo los cuales fueron conducidos entre Marzo de 1981 y Octubre de 1982. Cinco parcelas (2.5x6.1 m) fueron usadas para cada prueba, 3 parcelas solarizadas fueron pre-regadas a saturación 1 día antes de la colocación del plástico además, los puntos de muerte térmica in vitro de M. phaseolina y S. rolfsii fueron determinados como sigue: el hongo fué cultivado en PDA (39 g/l Difco papa dextrosa-agar, y 5 g/l Difco bacto agar), cada prueba constó de 3 platos colocados en una incubadora a temperaturas de 40,45,50 y 55°C (12).

Los resultados mostraron que los esclerocios de M. phaseolina sobrevivieron 72 horas a 45°C, pero murieron a las 48 horas a 50°C y 24 horas a 55°C, S. rolfsii sobrevivió 12 horas a 45°C pero murió a 4-6 horas a 50°C y a las 3 horas a 55°C (12).

El efecto de la solarización en la población establecida -

naturalmente de M. phaseolina fué examinada en pruebas de campo 1-4, en ningún caso fue la población de M. phaseolina reducida a niveles no detectables como resultado de la aplicación de la cubierta, en las pruebas de Junio ocurrió lo mismo (12).

El efecto de la solarización sobre la viabilidad de los esclerocios de S. rolfsii fue examinado en las pruebas de campo 4-5, algunos esclerocios fueron recuperados entre 83 y 100% --- (con algunas excepciones). Estas excepciones fueron en la prueba 4 en la semana 6, parcelas cubiertas a 15 cm de profundidad (48%) y 30 cm (37%), en la segunda semana la parcela testigo húmedo a 15 cm (67%) y 30 cm (0%), y la sexta semana la parcela testigo húmedo a 30 cm (51%), una excepción ocurrió en la prueba 5 en la sexta semana la parcela cubierta a 1 cm (77%) (12).

La aplicación de la cubierta al inicio del verano (prueba 4) resultó en una pérdida completa de la viabilidad de los esclerocios a 1 y 15 cm por 6 semanas. No obstante la recuperación de los esclerocios en la prueba cubierta fué reducido a 30 cm por 6 semanas, muchos esclerocios recuperados fueron todavía viables. La aplicación de la cubierta al principio del otoño (prueba 5) mostró la pérdida total en la viabilidad sólo a 1 cm de profundidad (12).

En otro estudio llevado a cabo en California en los viveros de coníferas donde se evaluó el calentamiento solar como una alternativa a la fumigación, el suelo usado fue margoso húmedo infestado con Fusarium oxysporum f. sp. pini y Macrophomina phaseolina y fue cubierto con polietileno transparente de -

.1 mm de grueso del 15 de Julio al 9 de Agosto de 1981, las temperaturas fueron monitoreadas a 6 profundidades: F. oxysporum f sp. pini fue eliminado a los 10 cm de profundidad, se redujo a los 20 cm, y sobrevivió a los 30 y 40. M. phaseolina sobrevivió a todas las profundidades. Las máximas temperaturas registradas fueron: 0 cm-63.6°C, 2.5 cm-58.8°C, 10 cm-56.2°C, 20 cm-39.6°C, 30 cm-37.2°C, 40 cm-36.4°C (11).

En un trabajo llevado al cabo en Davis y Shafter, California en parcelas individuales de 2.6x4.6 m fueron acomodadas en un diseño de bloques al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones, las parcelas fueron cubiertas con hojas de polietileno de 25 um de grueso durante 4 semanas en los meses de Mayo, Junio y Julio. Además, los hongos fueron incubados en papa dextrosa -- agar (PDA). Los resultados que se obtuvieron son los siguientes: En ambas localidades (Shafter y Davis) las temperaturas -- del suelo fueron más altas en los suelos cubiertos que en los no cubiertos a todas las profundidades monitoreadas 5,15,30 y - 46 cm, siendo 55,43,37 y 33°C y 45,35,30 y 26°C respectivamente.

Los hongos mostraron un crecimiento visible a 30 y 33°C, - mientras que a 36°C sólo Rhizoctonia solani creció, ninguno de los hongos creció a 39°C, en vista de esto, las pruebas de muerte térmica fueron conducidas a temperaturas entre 37-50°C para Verticillium dahliae Kleb, Pythium ultimum , Thielaviopsis basicola (Berk & Br.) Ferraris, Rhizoctonia solani Kuhn, fué tratada a temperaturas entre 39-50°C. A 37°C los tiempos de exposición para el LD90 fueron 28.8, 25.8, 17.9 y 33.5 días, respectivamente pa--

ra V. dahliae (razas T9 y SS4), P. ultimum y T. basicola. A 50°C los valores de LD90 fueron 23,27,33 y 68 minutos respectivamente para el mismo hongo los propágulos producidos en el suelo de V. dahliae en suelo húmedo también fueron muertos al ser incubados a temperaturas de 37-50°C por períodos de tiempo específicos. Temperaturas de 39 y 50°C para matar cultivos de R. solani en agar durante 14 días y 10 minutos respectivamente, los tiempos de exposición y temperaturas necesarias para matar este hongo son provechosos para evaluar los progresos de la solarización bajo condiciones de campo (13).

Jacobsohn, et al. (4) efectuaron varias pruebas sobre el control de Orobanche aegypticaL. (flor de tierra), bajo condiciones de campo y el efecto subsecuente sobre zanahoria y berenjena, además, la posibilidad de reemplazar el sistema de goteo, por un sistema de riego simple fueron examinados en este estudio.

El experimento de campo de zanahoria fue hecho en Kibbutz Sde-Eliyahu en el valle Bet Shean, el suelo fué de una textura fina media, alto en carbonato de calcio, el diseño del experimento fué un cuadro latino (4x4) con 4 repeticiones, cada parcela consistió de 3 camas de siembra de 12 m de largo y 1.8m de ancho, cada cama fué plantada con 3 hileras. Las zanahorias fueron sembradas el 8 de Septiembre de 1977. El experimento con berenjena se realizó en el valle del Jordán bajo las mismas condiciones de suelo que el experimento de zanahoria, el diseño fué bloques al azar con 6 repeticiones, cada parcela de 10 --

m de largo y de 3 hileras, 1.2 m de distancia, el cubrimiento - fue realizado en Julio 15 y fue quitado en Septiembre 1 de 1977; las parcelas de berenjena se plantaron en Septiembre 15 de ---- 1977 (4).

Los resultados mostraron que las temperaturas en las parce las cubiertas fueron más altas que en las no cubiertas; en los días más calientes, las temperaturas del suelo en las parcelas - cubiertas llegaron a los 56°C. Al final de la temporada todas las zanahorias en parcelas no cubiertas fueron destruidas, mientras que en las cubiertas mostraron un crecimiento normal y sus raíces permanecieron libres de flor de tierra; sin embargo, las plantas de la orilla fueron parcialmente achaparradas e infectadas, este efecto de orilla fue detectado 10 semanas después de la siembra; al final de la temporada, la mayoría de las plantas de la orilla fueron destruidas. En el tiempo de cosecha el rendimiento en las parcelas no cubiertas fueron muy buenos y la calidad de las raíces también fueron buenas. La eficiencia del - calentamiento solar bajo riego simple controlando flor de tierra en zanahoria fue confirmado en un segundo experimento 1 año -- después. Al final del experimento las poblaciones de malezas - registradas en parcelas no cubiertas y ausentes en las parcelas cubiertas fueron las siguientes: Anagallis coerulea, Scherb, -- Avena sterilis L, Chenopodium murale L, Fumaria jaudica Boiss, - Lactuca scariola L, Phalaris brachystanchys Lk, Sysymbrium spp. Sobre el efecto de flor de tierra (Orobanche aegyptica) sobre - el cultivo de berenjena, el número promedio de plantas de flor de tierra por hilera de 10 m en parcelas no cubiertas y cubier-

tas fue de 17 y .5 respectivamente, con lo cual se acerca a 100 % de control en las parcelas cubiertas (4).

Otro estudio llevado al cabo en el valle del Jordán y Bet-Shean durante Julio y Agosto de 1974 en cultivos de berenjena y tomate sobre los patógenos de Verticillium dahliae y Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici (Sacc) Snyder & Mans, mostraron los siguientes resultados: las temperaturas máximas en los suelos cubiertos fueron de 45-48°C y 40-48°C a profundidades de 5 y 15 cm respectivamente. Microesclerocios de V. dahliae y clamidosporas de F. oxysporum f.sp. lycopersici fueron enterrados en -- suelos cubiertos y no cubiertos a varias profundidades y recuperados después en varios intervalos de tiempo, el porcentaje de inóculo recuperado fué estimado usando medio de cultivo selectivo. Después de 2 semanas de exposición bajo el plástico V. dahliae en la capa de 0-25 cm fue controlado en 100%; mientras -- que F. oxysporum f.sp. lycopersici fue controlado a la profundidad de 5 cm en un 90-100%, a 15 cm en un 70-100%, a 25 cm en un 50-70%. En 2 experimentos de campo con berenjena y uno con tomate la cubierta plástica fue colocada antes de la siembra y -- controló malezas, mejoró el desarrollo de la planta, disminuyó la incidencia de la enfermedad de marchitamiento por V. dahliae en un 60-90%, e incrementó el rendimiento de la cosecha en un -- 300% (5,6).

En la Figura 1, se muestra el porcentaje del control de Verticillium dahliae a las profundidades de 5, 15 y 25 cm.

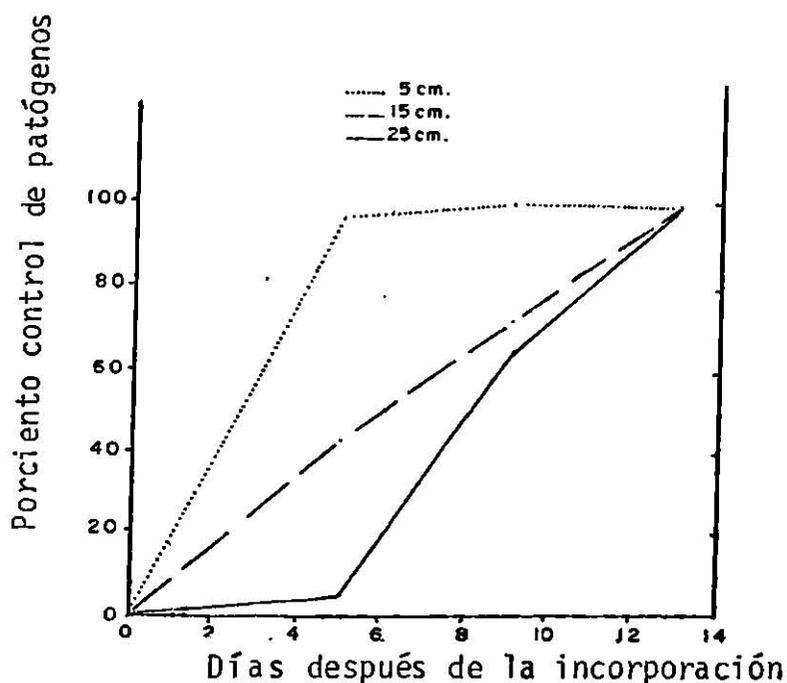


Figura 1. Efecto del cubrimiento del suelo con hojas de polietileno transparente sobre el control de *Verticillium dahliae* o *Microesclerocicios* de los patógenos (en inóculo de paja de trigo) fueron incorporados en varias profundidades en suelo cubierto y no cubierto. Fuente: Katan, J. (et al) 1976 (6).

En trabajos llevados a cabo en las tierras altas de México para el control de *Meloidogyne incognita* y *Nacobbus aberrans* en el cultivo de tomate, el sitio 1 en Tecamachalco, Puebla en suelo arenoso fue acompañado por solarización del suelo. El sitio 2 en Chapingo, México fue un suelo arcillo-limoso; en esta localidad, algunas parcelas testigo, fueron además tratadas con nematicidas (aldicarb 2.2 kg i.a./ha carbofuran 4 kg i.a./ha). Los resultados mostraron que en el sitio 1 de rendimientos de tomate fueron 60% más altos que en el testigo no cubierto; las cantidades de agallas de nemátodos tomadas 45 días después del trasplante promediaron 10 y 60 para suelo solarizado contra 40 y 90 para testigo con *N. aberrans* y *M. incognita* respectivamente. En el sitio 2 el control de aldicarb a plantas de tomate fue mejor realizado (120 g de parte aérea secada a la estufa-

y 55 agallas) comparado con el no cubierto (55 g de parte aérea secada a la estufa y 85 agallas) y plantas de suelo solarizado (10).

Pullman, et al (15,16) realizaron trabajos en los veranos de 1977-1979 para el control de poblaciones de Verticillium dahliae Kleb, Pythium spp. Clos, Rhizoctonia solani Clos, Thielaviopsis basicola Clos, y un hongo micorrízico sobre los cultivos de cártamo y algodón. En los experimentos realizados en 1977 en el sitio Shafter, CA., el tipo de suelo fue arcillo-arenoso fino Hesperia, las parcelas individuales de 3.4x10.7 m fueron arregladas en un diseño de bloques al azar con 5 tratamientos cada uno con 5 repeticiones, las parcelas solarizadas fueron cubiertas con polietileno transparente de 25 μ m o 100 μ m de grueso, todas las parcelas fueron pre-regadas con 5 a 10 cm/ha una semana antes de que las cubiertas fueran colocadas sobre el suelo. El cártamo fue plantado el 28 de Julio de 1977 en hileras de 1 m de separadas. En la temporada de siembra del algodón Acala SJ-2 fue plantado en todas las parcelas para probar los efectos térmico-largo de solarización del suelo. En los experimentos realizados en 1978, un experimento fue realizado en Cinco Puntos CA., el tipo de suelo fue barro-arcilloso Panoche, el segundo sitio fue cerca de Metter CA., el tipo de suelo fue Panoche barro-arcilloso arenoso.

En el sitio de Cinco Puntos fueron 2 tratamientos con 6 repeticiones cada uno, el diseño fue un bloques al azar, las parcelas individuales fueron de 8x20 m, durante la temporada de siembra del 79 el algodón Acala SJ-2 fue plantado en hileras de 1m de separación. En el sitio Mettler, 2 tratamientos cada uno con 6 repeticiones fue incorporado en un diseño de bloques al azar, -

las parcelas individuales fueron de 8x30 m, el algodón Acala -- SJ-5 fue plantado en hileras de 1 m de separadas en 1979.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes: - En el sitio de Shafter el suelo cubierto con P-25 um las temperaturas máximas logradas fueron más altas que el cubierto con P-100 um en todas las profundidades probadas. En los experimentos en Davis en 1977 las temperaturas máximas (41°C) en los 39 cm de profundidad fueron logradas aproximadamente 12 días después de que las cubiertas fueron colocadas en el suelo, las temperaturas del suelo más altas ocurrieron en áreas cubiertas que fueron regadas bajo el plástico. Las diferencias de temperatura en el suelo de los tratamientos es probablemente debido al incremento en la conducción de calor en el suelo con un alto contenido de agua. Las temperaturas del suelo también fueron incrementadas en todas las profundidades monitoreadas en parcelas cubiertas en los experimentos de Cinco Puntos y Mettler en 1978 (15,16).

El suelo tapado por 14 días en Shafter fue suficiente para reducir las poblaciones de los 4 fitopatógenos en un 83-100% -- dentro de los 30 cm de profundidad. Después de 28 días las densidades de población fueron reducidas aún más y después de 58 días los patógenos fueron todos eliminados. Se encontraron reducciones de 63-90% en muestras de suelo enterradas a 46 cm (15,16).

Los resultados de los experimentos realizados en Davis en el 77 mostraron que las densidades de población de V. dahliae, y T. basicola fueron reducidas considerablemente por cubrimien-

to, mientras que Pythium spp. no fue reducido mucho, esto fué debido a la presencia de Phytium acanthicum Dreschler, el cual es una especie de altas temperaturas y puede reproducirse a temperaturas cerca de 40°C (15,16).

En los experimentos de Cinco Puntos y Mettler las densidades del inóculo de V. dahliae fueron reducidas a menos de un propágulo por gramo en suelo cubierto de 0-30 cm de profundidad, mientras que las densidades de población en suelo no cubierto disminuyeron ligeramente (15,16).

El cártamo en las parcelas de Shafter después de 3 meses de plantado redujo la incidencia de Verticillium a un 93-100% en suelo cubierto; además, los rendimientos fueron más altos en un 199-213%. La incidencia de Verticillium en el algodón Acala SJ-2 en suelo cubierto en Davis durante 1978 fue reducido en un 89-95% y el rendimiento en hilaza no fue significativamente diferente (15,16).

Algodón Acala SJ-2 plantado en áreas previamente cubiertas en la siguiente temporada (1979) mostraron beneficios en el crecimiento, una reducción en la incidencia de Verticillium de un 63%, y un incremento en la producción de hilaza de algodón de un 60%. En Mettler el algodón Acala SJ-2 también mostró una reducción en la incidencia de Verticillium de un 79% y un incremento en la producción de hilaza de algodón del 13% en parcelas cubiertas(15,16).

En cuanto a la colonización micorrícica, fue evidente en casi todas las raíces del suelo no cubierto, las raíces del sue

lo cubierto en Shafter mostraron colonización. Los hongos micorrícicos de los suelos de Shafter y Davis fueron tentativamente identificados como Glomus fasciculatus (Thaxter) Ferd. y Trappe (15,16).

En el Cuadro 1, se muestran las temperaturas obtenidas en parcelas no-solarizadas y solarizadas a las diferentes profundidades muestreadas.

Cuadro 1. Temperaturas máximas alcanzadas en varios sitios en California en parcelas solarizadas y no solarizadas.

Profundidad (cm)	Temperatura °C (no solarizadas)	Temperatura °C (solarizadas)
0 - 5	45	55
5 - 15	35	43
15 - 30	30	37
30 - 46	26	33

Fuente: Pullman, G.S., De Vay, J.E. and Garber, R.H., 1981 (15).

Grinstein, et al (3) llevaron al cabo en 2 campos experimentales durante 1976-78 en suelos infestados con Sclerotium rolfsii, aquí 2 experimentos de campo fueron llevados al cabo en un suelo de tipo gromosol, los experimentos fueron realizados con 5 repeticiones en un diseño de bloques al azar donde cada parcela consistió de 8 surcos de 14 m de largo y 70 cm de separación, el cubrimiento se hizo en Julio 19 a Septiembre 1 de 1976 en el primer experimento, y de Agosto 4 a Septiembre 18 de 1977 para el segundo experimento, el suelo fué humedecido por 2 métodos: un riego sencillo; en donde el campo --

fue regado a una profundidad de 80 cm, tres días antes del cubrimiento y no se le adicionó agua durante el cubrimiento. Riego por goteo: el suelo se regó como fue descrito anteriormente, y además se le adicionó un sistema de riego por goteo, el cual permitió agregarle agua durante los días del cubrimiento; el suelo fue cubierto con hojas de polietileno transparente de 50 um de grueso.

Los resultados mostraron lo siguiente: En el experimento 1 (1976-1977) el tratamiento de solarización redujo el porcentaje de plantas muertas por S. rolfsii; el porcentaje de plantas muertas en riego por goteo se redujo de 16.4 a 1.3, y para riego simple se redujo de 26 a 9. En el experimento 2 (1977-1978) el calentamiento solar del suelo con ambos métodos de riego redujeron en forma significativa la incidencia de la enfermedad (3).

De esta manera mientras que el rendimiento total se incrementó en un 52.8%, el incremento en la calidad de las vainas fue pronunciado, cerca de un 123.5%, consecuentemente el valor del cultivo se incrementó más aún. Además se observó un control de malezas, incluyendo Digitaria sanguinalis, Portulaca oleracea, Amaranthus retroflexus, Xanthium spinosum, y Cynodon dactylon en todas las parcelas tratadas con solarización en ambos experimentos (3).

También se mostró que el calentamiento solar no tiene efecto sobre la asociación entre Rhizobium (la cual fue adicionada al suelo) y las raíces de las plantas, ya que en ambos experi-

mentos las raíces de las plantas estuvieron fuertemente noduladas en todas las parcelas.

En la Figura 2, se muestra el porcentaje de plantas enfermas por Sclerotium rolfsii durante el período de desarrollo y en la cosecha.

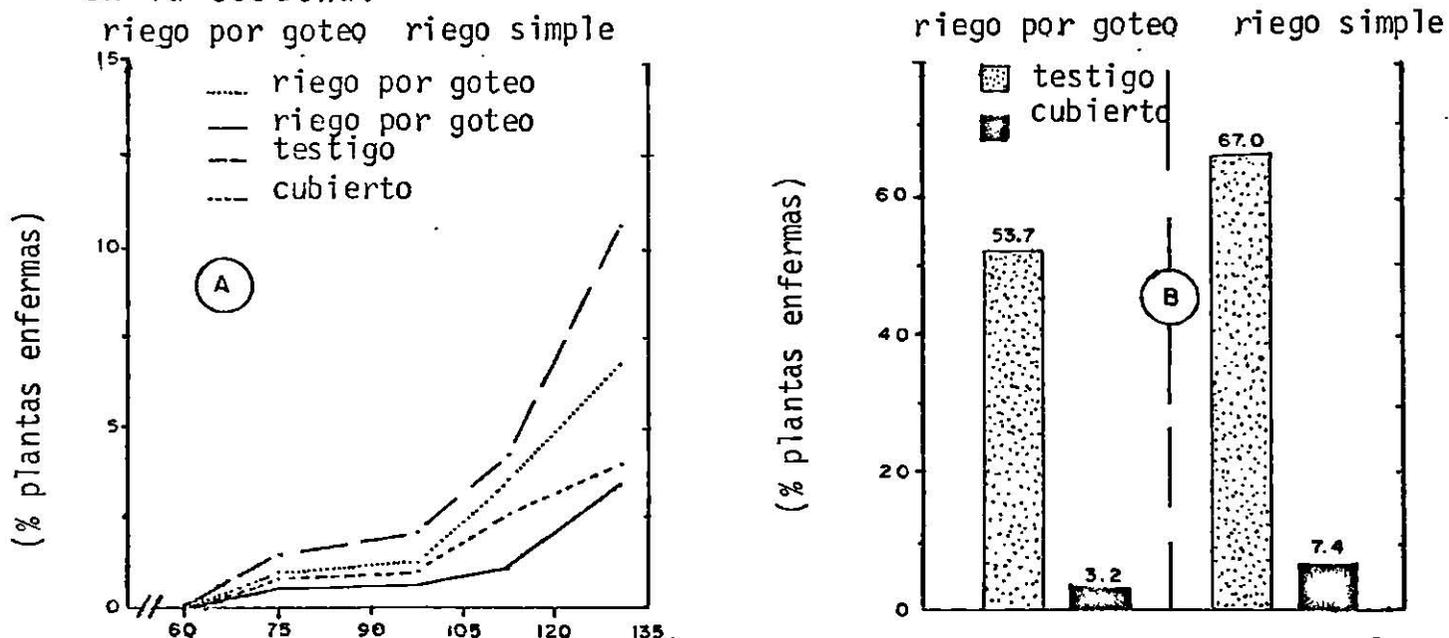


Figura 2. Efecto del calentamiento solar de el suelo sobre tizón sureño en cacahuates. A - Porcentaje acumulativo de plantas completamente destruidas por Sclerotium rolfsii Clos, durante el período de desarrollo. B - Porcentaje de plantas enfermas determinadas en la cosecha después de sacar las plantas con todo y raíz. Dato de todos los tratamientos cubiertos son significativamente diferente. ($p = .05$) de los respectivos no cubiertos. Fuente: Grinstein, A. (et al) 1979 (3).

En Irapuato, Gto. en el cultivo de la fresa se efectuó un experimento para controlar la enfermedad "secadera de la fresa", se llevaron a cabo varios ensayos en los que se plantaron en 2 lotes de textura arcillosa y migajón, se usó el cultivar Tioga (susceptible), el material vegetativo para las pruebas se trajo de Calera, Zac., se transplantó el 24 y 25 de Octubre de 1985, se usó polietileno transparente de 50 μ m de grueso, los períodos de solarización fueron de 2 y 5 meses, en este último-

tratamiento se renovó el plástico después de 3 meses de colocado, además se tuvo un tratamiento fumigado con bromuro más clopicrina (B+C) 50/50 a dosis de 600 kg/ha, el diseño fué bloques al azar con 5 tratamientos y 6 repeticiones, los resultados mostraron lo siguiente: Los períodos de solarización de 2- y 5 meses redujeron el daño de la secadera en ambos ensayos, -- además se incrementó la fresa en peso fresco y la producción total en comparación al testigo. El tratamiento fumigado con B+C tuvo rendimientos estadísticamente similares a los solarizados. El peso medio de la fresa en las categorías fresco y total fué superior con la solarización en suelo de migajón, en el arcilloso sólo se presentaron diferencias sobre el peso medio total (2).

Vidales, Munro y Alcántara (25) hicieron una prueba en el Valle de Apatzingan, Michoacán; en el cultivo de melón para controlar F. oxysporum f.sp. melonis. El experimento se realizó -- en el Campo Agrícola Experimental (INIFAP-SARH), en un lote infestado, el diseño experimental fué bloques al azar con 4 repeticiones, los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

- 1) Con riego y sin riego antes de cubrir con plástico transparente;
- 2) Cobertura del suelo con plástico por espacio de 10, 20, 30, 40 y 50 días en presiembra al melón y testigo sin plástico.

Los resultados mostraron que las temperaturas alcanzadas en suelo cubierto con plástico con respecto al suelo descubierto registraron entre 10 y 18°C de diferencia a la profundidad de 5 cm. Conforme se incrementaron las profundidades del suelo, las diferencias con el suelo testigo se redujeron considerablemente; este gra--

diente de temperatura tiene una relación directa con el porcentaje de control de inóculo de F. oxysporum f.sp. melonis - ya que en la solarización por 40 días de 0-10, 10-20, 20-30, -- 30-40 cm de profundidad existió un control del 94, 94, 82, 81% respectivamente; además se encontró que los mejores tratamientos fueron: Con riego antes de cubrir con plástico transparente por espacio de 50, 40 y 30 días con una incidencia de la enfermedad de 8, 5, 18, 23% respectivamente (25).

Ashworth y Gaona (1) trabajaron con solarización en árboles de pistacho para controlar Verticillium dahliae, un primer trabajo fue iniciado el 7 de Julio de 1978 y un segundo experimento fue empezado el 3 de Julio de 1979, con los siguientes resultados: El cubrimiento completo del suelo de la plantación regada por goteo en árboles de pistacho con hojas de polietileno transparente por 2 meses resultó en una eliminación de V. dahliae (cantidades no detectables a .07 microesclerocio (MS) por gramo en suelo secado al aire) a una profundidad de 120 cm. Las densidades de inóculo inicial a 30, 60, 90, 120 cm fueron respectivamente 4.6, .9, .6, .4 MS/g de suelo.

El cubrimiento fue más efectivo en el suelo que fue pre-regado con regadera antes que las cubiertas fueron aplicadas en los principios de Julio. El cubrimiento completo fue más --- efectivo en los tratamientos en los cuales las hojas de polietileno fueron separadas por .5 o 1.2 m entre las hileras de los árboles. Siguiendo el cubrimiento en 1979, los porcentajes de infección promedio fueron 6.3, 1.6, 3.4, 3.4 respectivamente para los tratamientos no cubiertos, completamente cubiertos y tra

tamientos cubiertos en los cuales las hojas de polietileno fueron separadas por .5 y 1.2 m en las hileras de los árboles. De esta manera el control de la enfermedad fue cerca del 75% (1).

Otro estudio fue llevado al cabo en campos experimentales de Davis, Hickman, Winton y Atwater, CA., para el control de poblaciones de microorganismos del suelo y el crecimiento de plántulas de árboles de fruto deciduo en donde se obtuvieron los siguientes resultados: durante los períodos de tratamiento de 4, a 4.5 semanas bajo cubierta en Hickman (10° más arriba que en el suelo no solarizado a 15 cm), 46°C en Davis (7°C más arriba que en el suelo no solarizado), y 45°C en Atwater (8°C más arriba que en el suelo no solarizado). Muestras de suelo de parcelas solarizadas y no solarizadas fueron periódicamente colectadas y probadas con medio selectivo para las densidades de población de ciertos microorganismos. En las localidades de Davis y Hickman el total de hongos fue reducido en un 90 y 85% respectivamente, el total de bacterias gram (+) fue reducido en un 84 y 69%, Pseudomonas fluorescentes fueron reducidas en un 96 y 94% y Agrobacterium spp. fueron reducidas en un 98 y 98%. Los actinomicetes totales y el total de termofílicos/termotolerantes reaccionaron en forma diferente en los 2 sitios, mostraron diferencias significativas en Hickman (suelo arcillo-arenoso). Las parcelas fueron plantadas con semillas de nogal Inglés y cultivar de durazno Nemaguard después de la solarización.

Las densidades de población de Agrobacterium spp, Pseudomo

nas fluorescente, bacterias gram (+), y hongos recuperables en PDA fueron grandemente reducidos inmediatamente siguiendo la solarización. Los Actinomycetes y hongos termofílicos/termotolerantes fueron afectados en menor extensión. Además en Davis -- mostraron incrementos en el durazno en un 32% y en nogal un 47% también el promedio de altura en árboles de durazno se incrementó en 24.7% y en nogal 26.1% similarmente, el promedio de peso fresco fué incrementado por 42.4% en durazno, y 58.1% en nogal, todos estos resultados son en suelo solarizado comparados con los tratamientos no solarizados (19,20).

En la Figura 3, se muestra el efecto de la solarización sobre las densidades de población de bacterias Gram-positivas.

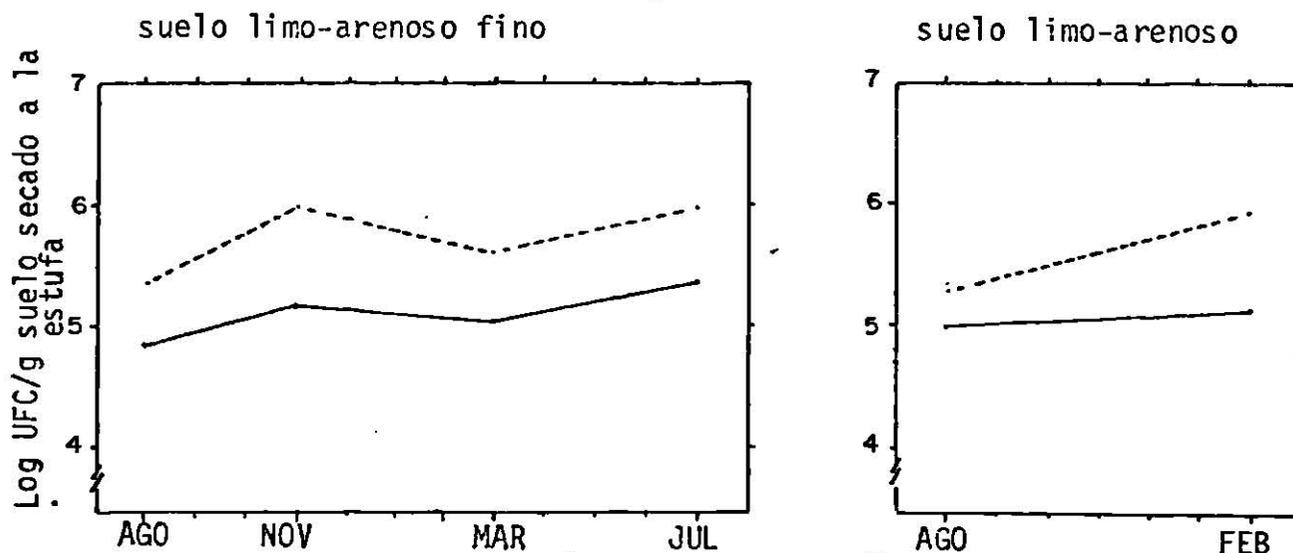


Figura 3. Efecto de la solarización del suelo sobre las densidades de población de bacterias Gram-positivas en suelo (0-46 cm de profundidad) en dos sitios (1979-1980). Las líneas continuas indican los tratamientos solarizados; las líneas cortadas indican los tratamientos no solarizados. UFC=medios de unidades de formación de colonias. Fuente: Stapleton, J.J. and De Vay, J.E. 1982 (20).

En la Figura 4, se muestra el efecto de la solarización sobre las densidades de población de Pseudomonas fluorescentes.

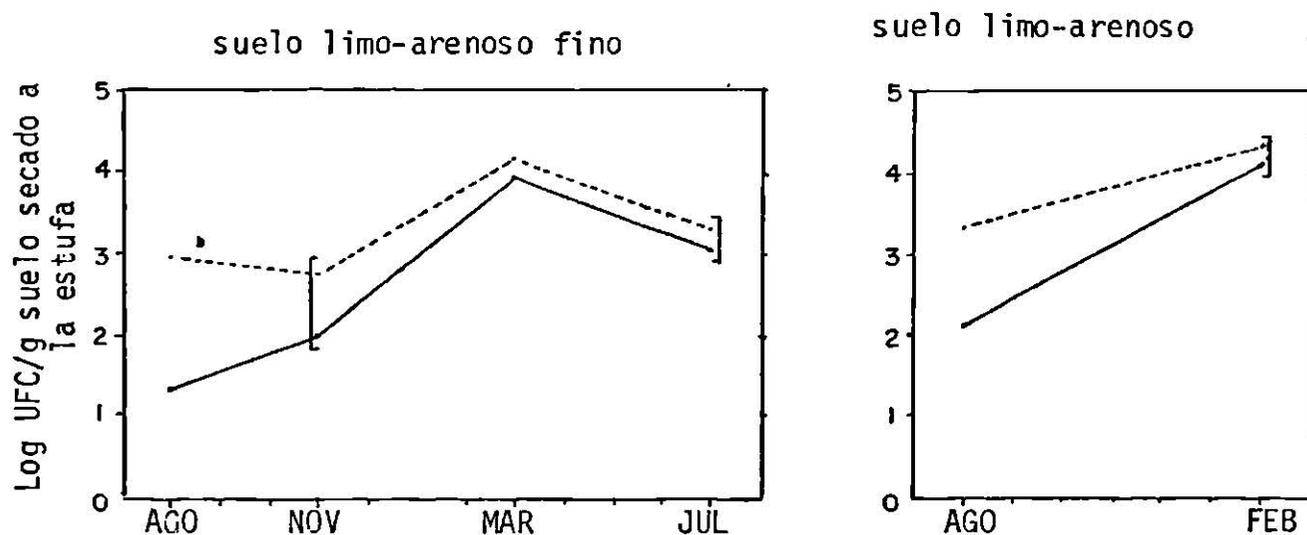


Figura 4. Efecto de la solarización del suelo sobre las densidades de población de *Pseudomonas fluorescens* en suelo (0-46 cm de profundidad) en dos sitios (1979-1980). Los corchetes () indican los puntos del dato no significativamente diferente ($P > .05$) de acuerdo a la prueba t-student de medios independientes. Las líneas continuas indican los tratamientos solarizados; las líneas cortadas indican los tratamientos no solarizados UFC medios de unidades de formación de colonias.
Fuente: Stapleton, J.J. and De Vay, J.E. 1982 (20).

En la Figura 5, se muestra el efecto de la solarización sobre las densidades de población de *Agrobacterium* spp.

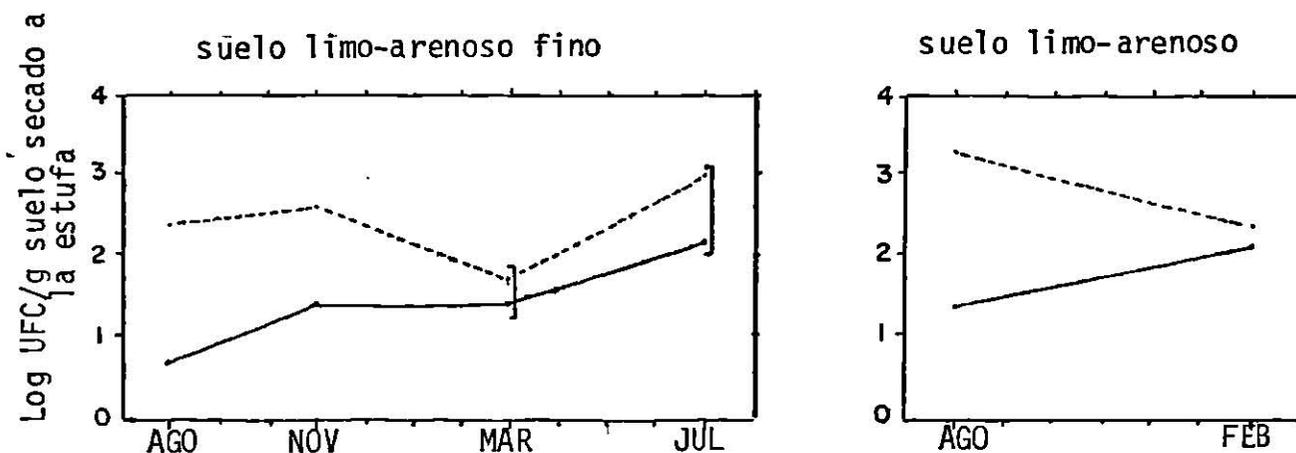


Figura 5. Efecto de la solarización del suelo sobre las densidades de *Agrobacterium* spp. en suelo (0-46 cm de profundidad) en dos sitios (1979-1980). Los corchetes () indican los puntos del dato no significativamente diferente ($P > .05$) de acuerdo a la prueba t-student de medios independientes. Las líneas continuas indican los tratamientos solarizados; las líneas cortadas indican los tratamientos no solarizados UFC medios de unidades de colonias en formación.
Fuente: Stapleton J.J. and De Vay J.E. 1982 (20).

de 54%, contra el solarizado que fue de 98%.

Los pesos frescos de los sármientos de fresa de la parcela experimental fueron incrementados en las parcelas solarizadas - en un 61% y en las parcelas sombreadas en un 14%, comparados - con los del suelo no tratado. De acuerdo al experimento de -- campo realizado en 1982 las densidades de población de Pseudomonas pectolíticas y bacterias pectolíticas totales en agar CVP, - Actinomycetes y Pythium spp. en las parcelas sombradas fueron - reducidos por 20-55%, comparados con el testigo de parcelas no tratadas,

Las densidades de población de Pseudomonas fluorescente, - bacterias gram (+), y hongos recuperables en PDA no fueron reducidos en los tratamientos sombreados, comparados con el tratamiento testigo, el tratamiento de solarización redujo eficientemente las densidades de todos los microorganismos probados en un 58-87%.

En la prueba de antibiosis in vitro, las cajas petri con dilución de suelo con Geotrichum candidum revelaron poca actividad antibiótica del hongo sobre las plantas con PDA, y no hubo diferencia entre lo solarizado y lo no solarizado. Pseudomonas fluorescentes en agar selectivo mostraron poca actividad antibiótica contra G. candidum (21,23).

En el Cuadro 2, se presenta el porciento de reducción de la incidencia de algunos fitopatógenos.

Cuadro 2. Porcentajes en la reducción de la incidencia de densidades de población de algunos fitopatógenos en 2 sitios de California.

	Hickman %	Davis %
Hongos totales	85	90
Bacterias totales gram(+)	69	84
<u>Pseudomonas</u> fluorescentes	94	96
<u>Agrobacterium</u> spp.	98	98
Actinomycetes totales	+26	-55
Hongos termifílicos-termotolerantes no tuvieron diferencias significativas.		

Fuente: Stapleton, J.J. y De Vay, J.E. 1981 y 1982 (23).

En el estudio de solarización realizado por Pullman et al. (16) en 6 lugares de California de los valles interiores calientes a las áreas costeras frescas durante el verano de 1981, las parcelas fueron cubiertas con polietileno transparente de 25 μ m de grueso regado bajo las cubiertas y solarizado por 4 períodos de Mayo-Septiembre, se obtuvieron los siguientes resultados; Las temperaturas máximas del suelo fueron de 42-51°C y 32-40°C a las profundidades de 15 y 46 cm respectivamente; durante Junio y Julio; pero en los lugares fríos, las temperaturas máximas fueron de 26-45°C.

Las poblaciones enterradas de los fitopatógenos (V. dahliae, F. oxysporum f.sp. lycopersici), semillas de malezas (Convolvulus arvensis, Digitaria sanguinalis, Poa annua, Portulaca oleracea), y nemátido (Meloidogyne spp.) fueron grandemente re-

ducidos en las parcelas solarizadas en Junio y Julio; las posibilidades también disminuyeron, pero en una menor proporción en Mayo, Agosto y Septiembre. Semillas de algodón, sorgo y tomate plantadas en un invernadero en suelo solarizado (0-20 cm) -- germinaron más rápidamente y mostraron un incremento en el crecimiento, el cual estaba correlacionado con las temperaturas -- del suelo (14).

En el trabajo efectuado por Stapleton et al (22) en California en 4 suelos de diferentes texturas se obtuvieron los siguientes resultados; Las temperaturas máximas del suelo durante el tratamiento fueron 44-46°C a 15 cm de profundidad. Los incrementos de nitrógeno nítrico ($\text{NO}_3\text{-N}$) más nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_4\text{-N}$) fueron equivalentes a 26 kg/ha (221%) en suelo limo-arenoso y 177 kg/ha (602%) en suelo arcilloso de aluvi6n, comparado con el suelo testigo no tratado. Los incrementos en el crecimiento de la planta de un 32-491% de peso fresco o seco fueron obtenidos en el campo o en cultivos en invernadero de pimienta y plantas de rábano en cada uno de los suelos solarizados, en comparación con los suelos no solarizados (22).

Smith et al (18) llevaron al cabo pruebas en los campos de Flats Springbok, en la República de Sudáfrica, en el cultivo de trigo (Triticum aestivum L.) para controlar la enfermedad -- "cráter" en trigo, en donde 2 hongos están implicados, Periconia macrospinoso Levebre & Johnson y Rhizoctonia solani Kuhn, -- posiblemente en asociación sinérgica con otro, los siguientes fungicidas fueron aplicados empapando al suelo (3.75 l/m^2),

Los valores en paréntesis representan g.i.a./l aplicado, anilazina (.20), benodanil (.67), benomil (.67), captafol (1.1) oxiclورو de cobre (.91), fenarimol (1.0), iprodione (.6), pencycuron (.4), procymidone (.4); formaldehido (15 g/l) fué aplicado en similar sentido, mientras que el bromuro de metilo fué -- evaluado como fumigante al valor de 85 g/m. El suelo fué cu--- bierto por 4 semanas con hojas de polietileno transparente de - 200 um de grueso, la máxima temperatura registrada bajo el po-- lietileno a una profundidad de 15 cm fué 48°C, mientras que la máxima temperatura en suelo no cubierto fué 36°C; 5 repeticio-- nes fueron usadas por tratamiento y el tamaño de la parcela fué de 2x4 m, las parcelas testigo recibieron 3.75 l/m² de agua. Cuatro semanas después de la aplicación de los diferen-- tes productos químicos, y directamente después de la solarización, una muestra de suelo fué tomada de cada parcela a una profundidad - de 0-20 cm, el hongo presente en las muestras fué determinado - por diluciones en medio de extracto de dextrosa-peptona-levadura.

Los resultados mostraron lo siguiente: Ninguno de los pro-- ductos químicos aplicados redujeron significativamente el núme-- ro de propágulos del hongo en el suelo, de cualquier modo, la - solarización y fumigación con bromuro de metilo disminuyeron -- significativamente la incidencia del hongo (18).

Algunos hongos aislados como R. solani (W.G.Sm.) Sacc Fusa rium equisetii (Corda) Sacc, considerados como patógenos de la - raíz del trigo, ninguno de los tratamientos resultó en una re--

ducción significativa en la concentración del propágulo de alguno de estos patógenos del suelo, por el contrario el empapado con benomyl incrementó significativamente el número de propágu- los de R. solani y Trichoderma spp. (Pers) ex Gray. Cinco pató- genos reconocidos de la raíz y corona aparecieron en las plan- tas 5 semanas después de la plantación, a saber: R. solani, F. culmorum Sacc, S. rolfsii, F. equiseti y Bipolaris sorokiniana Sacc, en donde B. sorokiniana tuvo la mayor incidencia en las raíces seguido por F. equiseti, mientras que la incidencia de F. culmorum, S. rolfsii y R. solani fué relativamente baja. La solarización, fumigación con bromuro de metilo, y el empapado con oxiclорuro de cobre incrementaron la producción de grano - (18),

Control de Organismos Fitopatógenos usando Solariza- ción más un Control Adicional

Stapleton y De Vay (23) efectuaron varias pruebas en 10 si- tios de campo en los condados de Merced, Napa, Sonoma y Yolo en California, para probar el efecto de la solarización y la adi- ción del 1,3-D (Telone II, 92% 1,3-dicloropropano), los estu- - dios fueron realizados en 1980-1982, la profundidad efectiva - de la preparación del pre-tratamiento fué usualmente 20 cm, el suelo fue pre-regado bajo la capa de polietileno transparente (.025 mm de grueso), el cual fué usado en todos los sitios, con 5-15 cm de agua. El 1,3-D fué aplicado con una bomba de mano, o con un tractor montado con un fumigador de gas-presurizado con- cinceles colocados a 30 cm de separación, el suelo fué sellado-

con agua de riego, la profundidad de aplicación del 1,3-D fué - de 20 cm.

En el Cuadro 3, se muestran los resultados obtenidos por - la solarización y el control adicional en los sitios de Califor - nia.

Cuadro 3. Efecto de la solarización y 1,3-Dicloropropano (1,3-D) sobre las densidades de población de nemátodos del suelo en California.

Año, sitio nemátodo	Tratamiento	Control %	
1980 Winton sitio:1		4 semanas después	7 meses después
<u>Criconebella xenoplax</u>	solarizado	61-96	
<u>Paratrichodorus porosus</u>	solarizado	61-96	65
<u>Paratylenchus hamatus</u>	solarizado	61-96	se anuló el control
<u>Pratylenchus vulnus</u>	solarizado	75	aun hay control
1980 Atwater sitio:2		4 semanas después	7 meses después
<u>P. hamatus</u>	solarizado	61-90	no hubo control
<u>P. vulnus</u>	solarizado	75	no hubo control
<u>C. xenoplax</u>	solarizado	44	no hubo control
1981 Rutherford sitio:3		1 día después	
<u>Xiphinema spp.</u>	solarizado	74-82	
1981 Davis sitio:4		1 día después	1 año después
<u>P. vulnus</u>	solarizado	96	75
	1,3,-D	66	no hubo control
	solarizado+1,3-D	99	60
<u>C. xenoplax</u>	solarizado	no hubo control	84
	solarizado+		
	1,3-D	no hubo control	60
	1,3-D	no hubo control	no hubo control

Cuadro 3. Continuación

Año, sitio nemátodo	Tratamiento	Control %	
		2 meses después	7 meses después
1981 Davis sitio:5			
<u>Meloidogyne hapla</u>	solarizado	45-100	51-99
	1,3-D	45-100	
	solarizado+1,3-D		72-93
nemátodos totales	solarizado	63	51-99
	1,3-D	33	
	solarizado+1,3-D	78	72-93
nemátodos totales	solarizado	45-100	
fitoparásitos	1,3-D	45-100	
1981 Esparto sitio:6		1 día después	
fitoparásitos totales			
más nemátodos libres- vivos	solarizado	90-97	
	solarizado+1,3-D	90-97	
	1,3-D	55	
1981 Healdsburg sitio:7		1 día después	
nemátodos totales	solarizado	no hubo control	
nemátodos totales	1,3-D	no hubo control	
nemátodos totales	solarizado+		
	1,3-D	no hubo control	
nemátodos totales fitoparásitos	solarizado	no hubo control	
nemátodos totales fitoparásitos	1,3-D	no hubo control	
nemátodos totales fitoparásitos	solarizado+1,3-D	no hubo control	
<u>Paratylenchus neoamblycephalus</u>	1,3,-D	no hubo control	
<u>Paratylenchus neoamblycephalus</u>	solarizado		
<u>llus</u>	+1,3-D	no hubo control	
1981 Davis sitio:8		6 semanas después	
<u>Heterodera schachtii</u>	1,3-D	87	
	solarizado+1,3-D	99	
1981 Davis sitio:9		1 día después	9 meses después
nemátodos totales	solarizado	86	59
nemátodos totales	sombreado	43	48

Cuadro 3. Continuación.

Año, sitio nemátodo	Tratamiento	Control %	
1981 Davis sitio:10		1 día después	3 meses después
nemátodos totales	solarizado	36-81	54-75
	1,3-D	36-81	54-75
	solarizado+1,3-D	36-81	54-75
	sombreado	36-81	se anulo el con trol
	sombreado+1,3-D	36-81	54-75
<u>Helicotylenchus digonicus</u>	solarizado		68-98
	1,3-D		68-98
	solarizado+1,3-D		68-98
	sombreado		68-98
	sombreado+1,3-D		68-98
nemátodos totales fitoparásitos	solarizado		67-98
	1,3-D		67-98
	solarizado+1,3-D		67-98
	sombreado		67-98
	sombreado+1,3-D		67-98

Fuente: Stapleton J.J. y De Vay J.E. , 1983 (23).

Los resultados fueron los siguientes: Sitio 1 (Winton, con-
dado Merced, 14 Julio 11 Agosto 1980), este estudio foé locali-
zado en un bloque de árboles de almendro, cultivar Merced en ri-
zoma Loyell de durazno de 3 años de edad, el tipo de suelo fué
Atwater arenoso, las muestras de suelo colectadas inmediatamen-
te después del tratamiento mostraron que Criconemella xenoplax,
Paratrichodorus porosus, Paratylenchus hamatus, y el total de -
nemátodos fitoparásitos fueron reducidos en 61-96%, por solari-
zación, comparado con los testigos completos en los muestreos,-
a profundidad de 0-46 cm; Pratylenchus vulnus fué reducido en -
75% en el rango de 0-23 cm de profundidad, 7 meses después las
parcelas fueron muestreadas de nuevo, sólo P. porosus permane--

ció en una densidad de población baja, no hubo lesiones a los árboles como resultado del tratamiento, también no hubo diferencias en el crecimiento de los árboles entre los tratamientos 1 año después de la solarización (22) (Cuadro 3).

Sitio 2: (Atwater, condado Merced, 14 Julio 13 Agosto --- 1980), el procedimiento experimental y el tipo de suelo fueron los mismos como en el Sitio 1, excepto que aquí fué un huerto de árboles de durazno de 6 años de edad, cultivar Fay Elberta sobre rizoma de Nemaguard de durazno, los resultados fueron similares a los obtenidos en el Sitio 1, C. xenoplax y P. porosus fueron los nemátodos fitoparásitos predominantes, mientras que P. hamatus y P. vulnus fueron detectados en niveles bajos (22) (Cuadro 3).

Sitio 3: (Rutherford, condado de Napa , 13 Julio-24 Agosto 1981), un viñedo con plantas adultas fue quitado aproximadamente 2 meses antes de la solarización del suelo, raíces descompuestas estaban presentes en el suelo en el tiempo de tratamiento, el tipo de suelo fue Cortina arcilloso muy cascajoso, el suelo fue pre-regado antes del tratamiento, las muestras fueron tomadas a profundidades de 0-30 y 30-61 cm. Cuando la capa fue quitada; las densidades de población de estos nemátodos fueron reducidas en un 82% en el rango de profundidad de 0-30 cm, y en un 74% en el rango de 0-61 cm, comparado con los del suelo no solarizado (22) (Cuadro 3).

Sitio 4: (Davis condado de Yolo , 14 Julio-27 Agosto 1981), un huerto con nogales grandes fue quitado 6 meses antes de la solarización del suelo, el tipo de suelo era arcilloso - Reiff, los tratamientos al suelo fueron: solarización (S), 1,3-D (T), solarizado más 1,3-D (S+T), y testigo no tratado (C). Aquí en este sitio fueron encontradas altas densidades de población de P. vulnus y C. xenoplax en suelo no tratado, en el suelo colectado inmediatamente siguiendo el tratamiento las densidades de población de P. vulnus fueron reducidas para los tratamientos (S) (96%); (T) (66%); y (S+T) (99%) en el rango de profundidad de 0-46 cm. Para C. xenoplax no hubo reducciones en ningún tratamiento ni profundidad en los que fue encontrado. Diferencias marcadas fueron observadas en el crecimiento de plantas de tomate y vid; el cultivo de plantas de tomate en el invernadero en suelo de éste sitio que fue tratado por (S), o por (S+T), fueron significativamente más pesadas (83-87%) que

Las plantas que crecieron en suelo tratado (T) o suelo testigo cuando se tomaron los pesos secos de las plantas (22) (Cuadro 3).

Cuando las vides que crecían en este campo fueron probadas no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en el crecimiento del sarmiento del cultivar Sauvignon blanco; no obstante el cultivar St. George mostró una inexplicable disminución del 44% después del tratamiento (S+T) (22).

Extracciones de nemátodos 1 año después del tratamiento -- mostró que (S) tuvo reducciones significativas de C. xenoplax por un 60% y P. vulnus por un 84% en el rango de profundidad de 0-91 cm comparadas con las parcelas no tratadas, las densidades de población en parcelas tratadas por (T) no fueron significativamente diferentes de las parcelas no tratadas (22).

Sitio 5: (Davis condado de Yolo , 15 Julio-25 Agosto 1981), en un lugar de alfalfa (Medicago sativa cv. Lahontan fué arado 3 meses antes del tratamiento de la parcela, el tipo de suelo y tratamientos fueron los mismos descritos para el sitio 4. Dos meses después del tratamiento el cultivar de alfalfa Lahontan fue de nuevo sembrado dentro de la parcela, varios nemátodos fitoparásitos como Meloidogyne hapla, Pratylenchus spp. y Xiphinema spp, así como dos Tylenchorhynchidae no identificados fueron recuperados del suelo en este sitio. M. hapla fue el nemátodo predominante encontrado en el rango de profundidad de 46-91 cm, el total de nemátodos fitoparásitos y M. hapla fueron reducidos en un 45-100% con los tratamientos (S) (T) a la profundidad de 0-46 cm comparados con el tratamiento testigo. Sólo el total

de nemátodos fue reducido a lo largo del muestreo a la profundidad de 0-91 cm, para los tratamientos (T) (33%); (S) (63%); - (S+T) (78%). Siete meses después la alfalfa fue replantada en las parcelas, el suelo fue de nuevo muestreado, el total de nemátodos y de M. hapla, las densidades de población fueron reducidas en (S) (51-99%), (S+T) (72-93) en los muestreos de 91 cm comparado con el tratamiento testigo (22) (Cuadro 3).

Sitio 6: (Esparto condado de Yolo , 18 Julio-1-Septiembre 1981), remolacha azucarera fue cosechada de este sitio 3 meses antes de la solarización en suelo Marvin limo -arcilloso -de aluvión, los tratamientos fueron similares a los del sitio 4, además se plantó tomate en invernadero(22).

De este sitio las densidades de población del total de fitoparásitos más nemátodos libres-vivos fueron reducidos por un 90-97% en todos los rangos de profundidad siguiendo el tratamiento (S) y (S+T), comparados con el tratamiento testigo, para el tratamiento (T) las poblaciones sólo fueron reducidas por (55%) sólo en el rango de profundidad de 23-46 cm, el alto crecimiento de las plantas de tomate en invernadero fue muy significativo para los suelos de plantas cultivadas en (S) (64%) y (S+T) --- (50%) que los cultivos de plantas en suelo testigo (22)(Cuadro 3).

Sitio 7: (Healdsburg condado de Sonoma , 28 Julio-13 Agosto 1981), este experimento fue localizado en un huerto de 15 años de edad de árboles de ciruela pasa, cultivar Frances en rizomas de ciruelo Marianna 2624, el tipo de suelo fue Yolo de barro, los tratamientos fueron como los del sitio 4. El dato de-

temperatura del suelo de parcelas solarizadas indicó que los incrementos de temperatura a 15 cm de profundidad fueron 6-8°C más bajos que los encontrados en los sitios calientes del valle central, como en los sitios 2 y 6. El nemátodo fitoparásito -- predominante fue Paratylenchus neoamblycephalus, las muestras de suelo tomadas a 46 cm de profundidad no mostraron diferencias significativas entre las densidades de población de nemátodos totales, nemátodos fitoparásitos totales, o P. neoamblycephalus para alguno de los tratamientos usados. No hubo daños aparentes por solarización o 1,3-D en los árboles de durazno -- tratados, además, las mediciones de la circunferencia del tronco del árbol 1 año después del tratamiento no indicaron cambios significativos en el crecimiento como resultado de algún tratamiento(22) (Cuadro 3).

Sitio 8: (Davis condado de Yolo, 19-29 Septiembre 1981), -- este sitio fue un campo barbechado por 2 meses después de incorporarse rastrojo de cártamo, el tipo de suelo fue Reiff arcillo-arenoso fino, los tratamientos incluidos en la solarización del suelo (S), suelo húmedo cubierto con una capa de polietileno pero sombreado con hojas de yeso de 1.25 cm de grueso para prevenir el calentamiento solar, se le denominó con las letras (SH), y un suelo no tratado (C), siguiendo con el tratamiento estacas de raíz de fresa (Fragaria chiloensis Tufts) fueron --- transplantadas dentro del sitio. Los resultados mostraron que -- cuando el suelo y raíces en macetas fueron examinados después -- de 6 semanas de crecimiento de plantas de remolacha azucarera, se encontró que las densidades de población de "hembras blan--

cas" del nemátodo enquistado de la remolacha (Heterodera schachtii) fueron reducidas significativamente cuando menos 63% después de cualquiera de los tratamientos comparadas con los testigos no tratados. Las reducciones debidas a los tratamientos de 1,3-D comparado con el control no tratado promediaron 87%, mientras que los combinados con solarización más 1,3-D promediaron 99%, este sitio fue tratado en Septiembre, de esta manera el calentamiento del suelo fue mucho menor de lo que puede ser esperado durante el verano medio, por lo que la eficiencia de la solarización durante este experimento no fue probablemente óptima (22). (Cuadro 3).

Sitio 9: (Woodland condado de Yolo , 27 Agosto-29 Septiembre 1981), la remolacha azucarera fue cosechada 2 meses antes del tratamiento al suelo, el tipo de suelo era arcilloso, siguiendo el tratamiento muestras de suelo a la profundidad de 0-30 cm fueron tomadas. No fueron recuperados los nemátodos fitoparásitos distribuidos en este sitio experimental, Heliocotylenchus digonicus Clos y Xiphinema spp. fueron ocasionalmente encontrados (22).

Inmediatamente siguiendo el tratamiento, el total de nemátodos fue reducido en un 86% en parcelas (S), y 43% en las parcelas (SH) a la profundidad de muestreo de 0-46 cm, comparado con las parcelas testigo. Nueve meses después, las densidades de población del nemátodo en parcelas sombreadas y solarizadas fueron significativamente bajas en 59% en parcelas (S), y 48% en parcelas (SH) a los 23 cm de profundidad, comparadas con las parcelas testigo (22) (Cuadro 3).

Sitio 10: (Davis condado de Yolo , 16 Julio-26 Julio 1982), el sitio experimental fue un campo barbechado 9 meses desde la cosecha de tomate, el tipo de suelo fue Yolo limoso, los tratamientos incluidos fueron solarización (S), 1,3-D (T), solarización más 1,3-D (S+T), sombreado (SH), sombreado más 1,3-D (SH+T) y suelo no tratado (C), el suelo fue inundado bajo la cubierta; siguiendo al tratamiento plântulas de chile Capsicum annuum (jalapeño temprano, Gigante resistente y pimiento L), fueron transplantadas dentro del sitio, las muestras de suelo fueron tomadas a profundidades de 0-22 y 22-46 cm después del tratamiento, y de nuevo 3 meses después para determinar cambios en las densidades de población de nemátodos. Aquí varios géneros de nemátodos fitoparásitos fueron encontrados como Helicotylenchus digonicus, Meloidogyne, Pratylenchus y Xiphinema spp después del tratamiento, el total de nemátodos fueron reducidos significativamente -- (36-81%) para todos los tratamientos, a la profundidad de 0-46 cm.

El suelo fue probado para densidades de población de nemátodos 3 meses después, el total de nemátodos en todos los tratamientos, excepto el sombreado, permaneció en 54-75%, abajo de los del testigo del suelo no tratado en las profundidades de 0-23 y 0-46 cm; reducciones en las densidades de población (67-98%) fueron también detectadas para el total de nemátodos fitoparásitos en la profundidad de 0-23 cm para todos los tratamientos. Los frutos de chile y crecimiento vegetativo de las plantas transplantadas 1 semana después del tratamiento fueron cosechadas 2.5-3 meses después; todos los tratamientos excepto (T) mostraron un incremento en los rendimientos frescos y se-

cos (51-130%) de cápsulas del cultivar jalapeño temprano; todos los tratamientos excepto (T) y (SH) también incrementaron el crecimiento vegetativo de los pesos frescos en un (82-152%). Incrementos de los pesos frescos de cápsula por planta de 33 y 40% se encontraron con la combinación de (S) más (T) y 40% en (SH) (22) (Cuadro 3).

Un trabajo especial fué llevado al cabo en la Universidad de California, Riverside, con el uso de la solarización y residuos de repollo para el control de Fusarium oxysporum f.sp. conglutinans, en un campo infestado artificialmente del 9 de Julio al 9 de Agosto de 1984, se usó un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones, el tamaño de la parcela fué 2.5x3.5 m, se aplicaron los siguientes tratamientos y se expusieron al sol y sombra: A) repollo-cubierta de plástico; B) repollo-sin cubierta de plástico; C) sin repollo-cubierta de plástico; D) sin repollo sin cubierta de plástico. El polietileno fué de .025 mm de grueso, al final de los 30 días del tratamiento de cada parcela se tomaron muestras de suelo de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm de profundidad, en estas muestras se sembraron semillas de repollo cultivar "Río Verde", después de 5 semanas de crecimiento a 28°C la severidad de la enfermedad fué evaluada. Los resultados mostraron que los propágulos de F. oxysporum f.sp. conglutinans fueron casi eliminados cuando se usó la combinación de solarización y residuos de repollo; la solarización sola y residuos de repollo-cubierta de plástico en la sombra fueron --- efectivos, pero no como el tratamiento mencionado al principio. La mayor reducción de los propágulos de F. oxysporum f.sp. conglutinans se registró a la profundidad de 0-10 cm. Los resulta

dos positivos obtenidos con el tratamiento repollo-cubierta de plástico bajo la sombra, pero los resultados negativos cuando no se usó la cubierta de plástico, indican que debajo de ésta quedaron atrapados gases fungitóxicos, de este modo, la cubierta de plástico no sólo incrementa las temperaturas del suelo a niveles críticos cuando se expone a los rayos del sol, sino que también atrapa gases fungitóxicos que emanan de los residuos de repollo en descomposición. Después del tratamiento de solarización-residuos de repollo, la enfermedad no se detectó en el campo, pero sí en macetas con muestras de suelo de 0-20 y 20-30 cm de profundidad, esto es quizá debido a la aereación (17).

DISCUSION

Según los resultados obtenidos podemos deducir lo siguiente:

En los trabajos llevados a cabo para evaluar la eficiencia de la solarización se observó que fueron adecuados para reducir la incidencia de Globodera rostochiensis, y el polietileno transparente fue mejor que el polietileno negro, ya que controló los nemátodos enquistados juveniles casi en un 100%, a la profundidad de 5 cm; también en la incubación de juveniles enquistados-enterrados a 10 y 15 cm de profundidad fueron reducidos por más del 50% en ambos casos. El plástico negro no es tan eficiente como el transparente, ya que sólo redujo la sobrevivencia en -- los quistes enterrados a 5 cm de profundidad, además en temperaturas frescas en el verano inusual de 1982 en Steuben, New York el control de G. rostochiensis fue menos efectivo(9). También se ha observado que el control de la solarización al inicio del verano en el sur-este de Arizona fue más efectivo, que en las pruebas hechas en otoño y al principio de la primavera, aquí se controló en forma eficiente Sclerotium rolfsii(12). En California, la solarización ha sido probada en Rhizoctonia solani, el cual creció a una temperatura de 36°C y perdió su viabilidad arriba de los 39°C. Pythium ultimum sobrevivió a grandes dosis de calor, más altas que R. solani y V. dahliae, mientras que Thielaviopsis basicola requirió de tiempos largos de exposición para matar sus células (15).

Un propágulo parcialmente viable puede recuperarse bajo condiciones óptimas y una suficiente cantidad de tiempo de cualquier modo, los propágu-

los parcialmente visibles pueden no recabarse debido a organismos circundantes antagonistas y otros factores adecuados. Los mecanismos de inactivación por calor en hongos no son aún claramente entendidos, pero pueden involucrar inactivación enzimática, cambios en los ácidos grasos y componentes membranosos, y el lento desdoblamiento de las proteínas sensitivas al calor (13).

Las fallas de la solarización del suelo en el control de Macrophomina phaseolina fueron evidentes en un experimento realizado en viveros de coníferas en California, en donde no fue controlado en ninguna de las profundidades a las que se muestreó y donde las temperaturas máximas fueron 0 cm-63.6°C, 2.5cm-58.8°C, 10cm-56.2°C, 20cm-39.6°C, 30cm-37.2°C, 40cm-36.4°C (11).

En trabajos realizados en Israel (4,5,6) y México (10) en los cultivos de berenjena, zanahoria, y tomate mostraron que el método de control por solarización disminuyó considerablemente las densidades de población de las semillas de flor de tierra (Orobanche aegyptica) y otras malezas, comparado con las parcelas no tratadas, donde las zanahorias fueron totalmente destruidas. Cuando la infestación fue alta en los períodos iniciales del crecimiento resultó en una rápida destrucción de las zanahorias por la flor de tierra, produciendo tallos florecidos; en contraste, cuando la infección fue baja, el crecimiento de las plantas de zanahoria fue menos afectado y la producción de tallos florecidos de flor de tierra fue mayor, esto indica que el número de tallos florecidos de flor de tierra no están correla

cionados con las extensiones de sus daños en las raíces de la infección de la raíz por ellos. Además de que este método fue muy efectivo en la flor de tierra en el cultivo de berenjena, donde la redujo cerca del 100% (4).

También la solarización fue efectiva en el control de Verticillium dahliae y Fusarium oxysporum f sp. lycopersici, ya que después de 2 semanas de exposición bajo el plástico V. dahliae fue controlado en un 100% a una profundidad de 0-25cm y F. oxysporum f sp. lycopersici fue controlado en un 50-100% a la misma profundidad. En 2 experimentos de campo con berenjena y 1 cm con tomate, la incidencia de la enfermedad por V. dahliae fue disminuida en un 60-90%, e incrementó la cosecha por un 300% (5,6). Además disminuyó en forma significativa las densidades de población de los nemátodos Meloidogyne incognita y Nacobbus aberrans e incrementó los rendimientos de tomate en un 60% más altos que en el testigo no cubierto (10).

En estudios llevados al cabo en California e Israel se demostró la eficiencia de la solarización en los cultivos de cártamo (14), algodón(14) y cacahuate(3). Este método fué muy efectivo ya que redujo grandemente las densidades de población de V. dahliae, Pythium spp, R. solani, T. basicola, además de que el polietileno transparente más delgado (25um) fue más eficiente que el más grueso (100um), el cártamo que se plantó en las parcelas no solarizadas presentó un promedio de incidencia del 42% de Verticillium, mientras que las parcelas cubiertas mostraron un 0-3% de marchitamiento, por consiguiente los rendimientos fueron más

altos. El algodón Acala SJ-2 también mostró una reducción de marchitamiento por Verticillium de un 63% y un incremento en el rendimiento de la hilaza del algodón de un 60% comparado con las parcelas no solarizadas, además las raíces de las plantas de algodón en suelos no cubiertos comparados con los suelos cubiertos mostraron abundante colonización micorrícica, mientras que las raíces de las plantas del suelo cubierto fueron colonizadas pero en un menor grado, esto es benéfico, ya que la asociación de la raíz del algodón con el hongo (Glomus fasciculatus) propicia un mayor crecimiento de la planta de algodón, especialmente en aquellos suelos de baja fertilidad (14,15,16).

La solarización controló S. rolfsii y otras malezas en el cultivo de cacahuete e incrementó el rendimiento en un 52.8% y la calidad de las vainas en un 123.8%; en el caso de este cultivo, la solarización se realizó en el verano y los cacahuates sembraron hasta la siguiente primavera, por lo que se sugiere puede establecerse un cultivo intermedio para que el terreno no quede tanto tiempo sin cultivar (3).

En experimentos llevados al cabo en México (2,25) en los cultivos de fresa y melón la solarización controló con eficiencia varias enfermedades; en el caso de la fresa la enfermedad llamada "secadera de la fresa", se controló en las texturas donde se probó (arcillosa y migajón); además mostró resultados similares a la fumigación con bromuro de metilo y sin las desventajas de éste como son costo, equivo de aplicación, riesgos de aplicación, residuos fitotóxicos (2). En cuanto al cultivo de melón la

solarización fue muy efectiva para el control de Fusarium oxysporum f sp melonis, ya que los tratamientos con riego antes de cubrir con plástico transparente por 50,40,30 días fueron muy efectivos, además se obtuvo un mayor control en las capas superficiales que fue disminuyendo conforme fue aumentando la profundidad, de cualquier modo, el control a estas profundidades fue efectivo. También se observó que el suelo debe conservarse húmedo durante el cubrimiento, para incrementar la sensibilidad térmica de los patógenos y aumentar la conducción del calor (25).

En los trabajos realizados en varios sitios de California(1), se encontraron que la solarización en el cultivo de árboles de pistacho en 1978 después de 2 meses redujo V. dahliae a niveles muy bajos en el suelo en todas las profundidades muestreadas (30,60, 90 y 120 cm) y las densidades del inóculo 4.6, .9, .6, .4 MS/g de suelo. En 1979 el porcentaje promedio de infección fue 6.3, 1.6, 3.4, 3.4 para los tratamientos no cubiertos, completamente cubiertos y cubiertos, respectivamente.

Además, hubo una reducción de hongos totales, bacterias gram (+) totales, Pseudomonas fluorescentes, y Agrobacterium tumefaciens; el promedio de altura del árbol de durazno fue incrementado, también la altura del nogal se incrementó, el peso fresco también se incrementó para ambos frutales. Por otra parte, las infecciones de raíces de durazano por Pythium spp. se redujeron, así como también, hubo una correlación significativa entre el incremento del sarmiento de la fresa y los pesos frescos del fruto con la disminución de las bacterias y densidades de pobla-

ción del hongo, pero en el cultivo de Chile no ocurrió esto,-- lo cual indica que en algunos sitios del campo la solariza--- ción del suelo reduce los microorganismos fitopatógenicos del -- suelo en donde pasan a ser los factores limitantes del crecimiento de la planta, en otros sitios los microorganismos responden a la solarización en la misma manera como los que fueron proba-- dos no son factores limitantes del crecimiento de las plantas, - en estos casos otros aspectos físicos y biológicos del suelo y - ecología del cultivo deben ser examinados para determinar las bases del incremento de las respuestas al crecimiento de las plantas siguiendo la solarización del suelo (1,19,20,21,23).

El trabajo de Smith, Wahner y Kotze (18) llevado al cabo en Sudáfrica, los resultados mostraron que la solarización y fumigación con bromuro de metilo, lo mismo que el empapado con procymidone redujeron significativamente la infección en Bipolaris sorokiniana en las raíces del trigo; además se sabe que estos controles incrementan la disponibilidad de ciertos nutrientes en el -- suelo. Otros aspectos interesantes fueron los aumentos en la incidencia de R. solani en suelo tratado con benomil. Se encon-- traron además, números muy altos de Trichoderma spp. en suelo -- tratado con formaldehído (18).

En el trabajo llevado al cabo en California por Stapleton, et al. -- (24) después de la solarización se observaron incrementos de nutrientes minerales en varias texturas de suelo, como areno-limoso, limo-arenoso fino, limoso y arcilloso de aluvión; además, se incrementó el creci--

miento de la planta y el peso seco y fresco de cultivos en invernadero de pimienta y rábano (24).

En otros experimentos realizados en California (17,23), en donde la solarización se combinó con otros controles, se observó lo siguiente: En un experimento hecho con solarización más residuos de repollo el tratamiento fué muy efectivo en el control de Fusarium oxysporum f.sp. conglutinans, el mayor control se obtuvo a la profundidad de 0-10 cm (17).

Stapleton y De Vay (23) encontraron que las densidades de población de nemátodos fitoparásitos como Meloidogyne, Heterodera, Pratylenchus, Paratrichodorus, Criconemella, Helicotylenchus, Xiphinema, Paratylenchus, fueron reducidas con la solarización del suelo, y solarización más fumigación con 1,3-D en todos los sitios experimentales donde fueron probados. En los experimentos usando cubierta de plástico pero sombreados, las disminuciones en las densidades de población de los nemátodos fueron aproximadamente la mitad de los obtenidos con solarización sin sombreado, además de mantener un alto grado de humedad en los suelos (23).

El uso de un buen nematicida debe erradicar los fitonemátodos, especialmente en cultivos perennes, la solarización no cumple con esto; no obstante, el control de los nemátodos fitoparásitos fué satisfactorio cerca de la superficie del suelo, las reducciones de las densidades de población disminuyeron con el incremento de la profundidad del suelo. El uso del 1,3-D con solarización incrementó el grado de control de los nemátodos --

en algunos experimentos; adicionalmente se observó, un mayor incremento del crecimiento de las plantas después de utilizar -- los tratamientos combinados (solarización+1,3-D) (17).

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en los diferentes trabajos llevados a cabo sobre la solarización del suelo se puede -- llegar a las siguientes conclusiones:

- 1) La solarización del suelo es un método que controla en forma efectiva muchos nemátodos, bacterias y hongos fitopatógenos y malezas.
- 2) Para asegurar la efectividad del método debe de tomarse en cuenta lo siguiente:
 - a. Que el terreno esté lo suficientemente humedecido, antes y durante el cubrimiento;
 - b. Que sea cubierto con polietileno transparente (no negro);
 - c. Que el polietileno sea lo suficientemente delgado (25-30 um) para favorecer el paso de la radiación solar;
 - d. Que la temperatura del aire debe estar mínimo 30°C para poder tener un control eficiente;
 - e. Que se deje el tiempo suficiente (4 semanas en adelante) para obtener mejores resultados;
- 3) El método resulta ser más efectivo con la combinación de otro agente químico de combate (fungicida, nematicida, herbicida, bactericida, etc.).
- 4) A menor profundidad mayor control de organismos fitopatógenos, y viceversa; sin embargo esto puede solucionarse si se alarga el tiempo de exposición.
- 5) Se obtiene un resultado más efectivo cuando se riega el suelo antes de colocar la cubierta de polietileno, que cuando ya --

está colocada.

6) Se obtienen resultados similares al utilizar riego simple, ó un sistema de riego por goteo en el suelo cubierto.

7) De los resultados mencionados se concluye que los siguientes patógenos y malezas pueden ser controlados por solarización, ver Cuadro 4.

Cuadro 4. Fitopatógenos y malezas controlados por solarización del suelo.

HONGOS	
<u>Sclerotium rolfsii</u> (12)	<u>Pythium</u> spp. (15,16)
<u>Aspergillus</u> spp. (15)	<u>Fusarium oxysporum</u> f sp <u>lycopersici</u> (5,6,14)
<u>Verticillium dahliae</u> (5,15,6, 14,16)	" <u>vasinfectum</u> (8)
<u>Rhizoctonia solani</u> (15,16)	" <u>conglutinans</u> (11)
<u>Pyrenochaeta lycopersici</u> (8)	" <u>melonis</u> (25)
" <u>terrestris</u> (8)	" <u>pini</u> (11)
<u>Thielaviopsis basicola</u> (15,16)	
MALEZAS	
<u>Digitaria sanguinalis</u> (3,14)	<u>Chenopodium murale</u> (4)
<u>Portulaca oleracea</u> (3,14)	<u>Fumaria jaudica</u> (4)
<u>Amaranthus retroflexus</u> (3)	<u>Lactuca scariola</u> (4)
<u>Xanthium spinosum</u> (3)	<u>Phalaris brachystanchys</u> (4)
<u>Cynodon dactylon</u> (3)	<u>Sisymbrium</u> spp. (4)
<u>Anagallis coerulea</u> (4)	<u>Poa annua</u> (14)
<u>Orobancha aegyptica</u> (4)	<u>Convolvulus arvensis</u> (14)
<u>Avena sterilis</u> (4)	

BACTERIAS

Agrobacterium spp. (20, 23)

Pseudomonas fluorescens (20, 23)

NEMATODOS

Pratylenchus thornei (8)

Nacobbus aberrans (10)

Paratrichodorus porosus (22)

Pratylenchus vulnus (22)

Meloidogyne Hapla (22)

Globodera rostochiensis (9)

Meloidogyne incognita (10)

Criconemella xenoplax (22)

Xiphinema spp. (22)

Heterodera schachtii (22)

Pratylenchus hamatus (22)

Helicotylenchus digonicus (22)

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Algunas ventajas del método de solarización del suelo son las siguientes:

- 1) Es un método no químico el cual no es riesgoso su uso.
- 2) No involucra sustancias tóxicas que consuma la planta hospedante, u otro organismo.
- 3) Es más barato que otros métodos.
- 4) Es un método fácil de aplicar y lo puede hacer cualquier persona.
- 5) Se puede aplicar en áreas pequeñas (manualmente), o en áreas grandes (mecánicamente).
- 6) Este método tiene las características de un control integrado ya que están implicados mecanismos físicos, químicos, y biológicos.

Algunas desventajas del método de solarización del suelo son:

- 1) Sólo puede ser usado donde el clima es propicio.
- 2) El suelo debe estar libre de cultivos por lo menos cerca de 1 mes o más antes del cubrimiento.
- 3) Resulta ser caro para algunos cultivos.
- 4) Pueden desarrollarse patógenos tolerantes al calor después de repetidas aplicaciones.
- 5) Puede no ser efectivo en el control de ciertas enfermedades.
- 6) Otra posibilidad es el incremento en la población de los organismos fitopatogénicos, debido a un efecto nocivo sobre los organismos antagonistas (7,8).

RECOMENDACIONES

- 1) La reducción del costo del cubrimiento se puede lograr reutilizando el polietileno, que resulta ser tan efectivo como el nuevo, de esta manera el costo es casi cero.
- 2) La cubierta del suelo continua de polietileno es preferible al cubrimiento en hileras, ya que desinfecta completamente el suelo; de este modo, reduce los cambios por reinfestación el desarrollo de un engomado adecuado, o maquinaria apropiada para la conexión de las hojas de polietileno es necesario para lograr este propósito.
- 3) Futuros desarrollos en la tecnología del plástico pueden proporcionar beneficios en los cubrimientos de materiales con gran eficiencia de calentamiento e incremento de durabilidad.
- 4) Este método en el control de enfermedades de la raíz en árboles en los huertos debe ser examinado más ampliamente; esto puede ser logrado si la solarización no daña los árboles, ya que los fumigantes no pueden ser aplicados a los árboles en huertos. Otro uso potencial es en pequeños jardines, para la erradicación del material sobrante de la planta infectada en el campo.
- 5) Prácticas culturales (fecha de plantación, valor de la siembra, regímenes de fertilización) deben ser examinados y adaptados para obtener el óptimo crecimiento de las plantas y -- rendimientos en suelos solarizados.

6) Este método debe combinarse con pesticidas (fungicidas, nematocidas, herbicidas, fumigantes, etc); los agentes de biocontrol mejoran la efectividad del control de las enfermedades.

En la combinación con los agentes de biocontrol puede ser especialmente efectivo previniendo reinfestación y en la extensión de la efectividad del control de la enfermedad.

La adición de los pesticidas a los materiales plásticos debe ser considerada y examinada para obtener mejores resultados. Otra aproximación para el mejoramiento del calentamiento solar es aplicar la esterilización del suelo en el invernadero (7,8,22).

De cualquier modo se deben seguir los trabajos sobre este método de control sobre los organismos fitopatogénicos, no sólo en los sitios ya mencionados (E.U. e Israel) sino también en los demás países que reúnan las condiciones climáticas, ya que en la medida en que se tengan más resultados acerca de este método se le podrá dar una mejor utilización y será más beneficioso.

BIBLIOGRAFIA

1. Ashworth, L.J. and Gaona, S.A., 1982. Evaluation of clear polyethylene mulch of controlling *Verticillium* wilt in established pistacho nut groves. *Phytopathology* 72:243-246.
2. 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. XIV Cong. Nal. Fitopat. Morelia. Mich. Memorias. p. 68.
3. Grinstein, A., Katan, J., Addul Razik, A., Zeydan, O., and Elad, Y., 1979. Control of *Sclerotium rolfsii* and weeds in peanuts by solar heating of the soil. *Plant Dis. Rep.* 63:1056-1059.
4. Jacobsohn, R., Greenberger, A., Katan, J., Levi, M., and Alon, H. 1980. Control of egyptian broomrape (*Orobanche aegyptica*) and other weeds by means of solar heating of the soil by polyethylene mulching. *Weed Sci.* 28:312-316.
5. Katan, J., Greenberger, A., Alon, H., and Grinstein, A., 1975. Increasing soil temperatures by mulching for the control of soil-borne diseases. *Phytoparasitica*, 3:69.
6. Katan, J., Greenberger, A., Alon, H., and Grinstein, A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of

- diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology* -- 66:683-688.
7. Katan, J., 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: Status and prospects. *Plant Dis.* 64:450-454.
 8. Katan J., 1981. Solar heating (Solarization) of soil for -- control of soilborne pests. *Annu. Rev. Phytopathol* 19: 211-236.
 9. La Mondia, J.A., and Brodie, B.B., 1984. Control of Globode ra rostochiensis by solar heat. *Plant Dis.* 68:474-476.
 10. Marban-M., N., Zamudio-G.,V., and Marroquin, L.M. 1985. Nema-
tode control by soil solarization in the highlands of Mé-
xico. XII Cong. Nal. Soc. Mex. Fitopat. XXV -
Annu. Meet. Am. Phytopathol. Soc. CD, Guanajuato, Gto. México.
 11. McCain, A.H., Bega, R.V., and Jenkinson, J.L. 1982. Solar -
heating fails to control Macrophomina phaseolina. *Phytopa-
tology* 72:985.
 12. Mihail, J.D., and Alcorn, S.M., 1984. Effects of soil solari-
zation on Macrophomina phaseolina and Sclerotium rolfsii.
Plant. Dis. 68:156-159.
 13. Pullman, G.S., De Vay, J.E., and Garber, R.H. 1981. Soil --
solarization and thermal death: A logarithmic relations--

ship between time and temperature for four soilborne plant pathogens. *Phytopathology* 71:959-963.

14. Pullman, G.S., De Vay, J.E., Elmore, C.L., and Hart, W.H. - 1982. Feasibility of soil solarization for pathogen and pest control. *Phytopathology* 72:984.
15. Pullman, G.S., De Vay, J.E., Garber, R.H., and Weinhold, A.R. 1978. Effect of soil tarping on control of soil fungi and plant response. *Phytopathol. News* 12:209.
16. Pullman, G.S., De Vay, J.E., Garber, R.H., and Weinhold, A. R. 1981. Soil solarization: Effects on *Verticillium* wilt of cotton and soilborne populations of *Verticillium dahliae*, *Pythium* spp, *Rhizoctonia solani*, and *Thielaviopsis basicola*. *Phytopathology* 71:954-958.
17. Ramirez-V., J., y Munnecke, D.E. 1986. Uso de solarización y residuos de repollo para el control de *Fusarium oxysporum* f sp. *conglutinans*. XIII Cong. Nal. Fitopat. Tuxtla Gutierrez, Chiapas. (Memorias) p. 72.
18. Smith, E.M., Wehner, F.C., and Kotze, J.M., 1984. Effect of soil solarization and fungicide drenches on crater disease of wheat. *Plant Dis.* 68:582-584.
19. Stapleton, J.J., and De Vay, J.E. 1981. Population dynamics

of selected soil microorganisms following soil solarization. *Phytopathology* 71:257.

20. Stapleton, J.J., and De Vay, J.E. 1982. Effect of soil solarization on populations of selected soilborne microorganisms and growth of deciduous fruit tree seedlings. *Phytopathology* 72:323-326.
21. Stapleton, J.J., and De Vay, J.E. 1982. Changes in microbial populations in solarized soils as related to increased plant growth. *Phytopathology* 72:985.
22. Stapleton, J.J., and De Vay, J.E. 1983. Response of phytoparasitic and free-living nematodes to soil solarization and 1,3-dichloropropene in California. *Phytopathology* 73:1429-1436.
23. Stapleton, J.J., and De Vay, J.E. 1984. Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and microflora and increased plant growth response. *Phytopathology* 74:255-259.
24. Stapleton, J.J., De Vay, J.E., Quick, J., Van Rijchevorsel, H., and De Boer, G.J. 1983. Increased soluble mineral nutrients in soils as related to increased plant growth response following soil solarization. *Phytopathology* 73:815.
25. Vidales-F, J.A., Munro-O., D., y Alcantara-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, Michoacán, XIV Cong. Nal. -- Fitopat. Morelia. Mich. (memorias) p. 69.

