

**MEMORIA**

**TALLER  
"SOLARIZACION DEL SUELO"**

**Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano",  
Honduras  
*18-21 de septiembre 1995***

**División de Producción y Protección Vegetal  
Organización de la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas  
FAO, Roma**

**CONTENIDO**

**Página**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUMEN GENERAL DEL EVENTO</b>  | <b>1</b>  |
| <b>PROGRAMA DEL TALLER</b>   | <b>2</b>  |
| <b>APERTURA DEL TALLER</b>   | <b>4</b>  |
| <b>INFORMES POR PAISES</b>   |           |
| <b>COSTA RICA</b>  | <b>6</b>  |
| <b>CUBA</b>  | <b>9</b>  |
| <b>REPUBLICA DOMINICANA</b>  | <b>11</b> |
| <b>GUATEMALA</b>   | <b>12</b> |
| <b>HONDURAS</b>  | <b>14</b> |
| <b>NICARAGUA</b>   | <b>15</b> |
| <b>EL SALVADOR</b>   | <b>16</b> |
| <b>ASPECTOS TECNICOS DE LA SOLARIZACION</b>  |           |
| <b>EL DESARROLLO ACTUAL DE LA SOLARIZACION</b>   | <b>18</b> |
| Ricardo Labrada  |           |
| <b>SOIL SOLARIZATION, A NON-PESTICIDAL METHOD<br/>FOR CONTROLLING DISEASES, NEMATODES AND WEEDS</b>    | <b>23</b> |
| Clyde Elmore   |           |
| <b>EFFECTO DE LA SOLARIZACION SOBRE LOS NEMATODOS<br/>PARASITOS DE LAS PLANTAS</b>                     | <b>37</b> |
| Emilio Fernández   |           |
| <b>CONDICIONES NECESARIAS PARA LOGRAR EFICIENCIA<br/>EN LA TECNICA DE DESINFECCION SOLAR DEL SUELO</b> | <b>46</b> |
| Daniel Munro   |           |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>  | <b>51</b> |
| <b>LISTA DE PARTICIPANTES</b>  | <b>54</b> |

## **TALLER REGIONAL DE SOLARIZACION DEL SUELO**

### **RESUMEN GENERAL DEL EVENTO**

La solarización del suelo es un método no convencional de control de plagas del suelo, el cual utiliza la radiación solar con el fin de aniquilar varios organismos nocivos en el suelo, tales como hongos, larvas de insectos, nemátodos y semillas de malezas. El método desarrollado en Israel y dado a conocer en los años de la década del 70, se ha venido aplicando cada vez más en el control de plagas de suelo en semilleros, viveros y otros cultivos de campo. El método como tal es técnicamente efectivo, económicamente factible en determinadas áreas y condiciones, y ambientalmente compatible.

La solarización consiste en la utilización de mantas plásticas (de polietileno) transparentes, las que se disponen sobre la superficie del suelo ya preparado y húmedo. La manta se deja por espacio de 30-45 días para así absorber la radiación solar y crear un ambiente de altas temperaturas en el suelo, que sirven para desarrollar la actividad de control de plagas. Pasado el período indicado, el suelo se descubre y se procede a la siembra o plantación. El método, además de su efecto de control de plagas, también hace más accesible los macro-elementos del suelo a las plantas cultivables.

En el Medio Oriente el método se utiliza bastante para la producción de hortalizas, así como en algunas zonas de Asia. La mayor experiencia en América se posee en California, E.U., aunque se sabe que México ha introducido esta práctica en determinados cultivos y zonas del país.

Con el propósito de divulgar las experiencias en materia de solarización en el área de América Central y el Caribe, el servicio de Protección Vegetal (AGPP) de la FAO, Roma, organizó conjuntamente con la Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano", Honduras un taller de capacitación que se desarrolló del 18 al 21 de setiembre de 1995 en las instalaciones del Zamorano y contó con la participación de especialistas de Costa Rica, Cuba, República Dominicana, El Salvador, Estados Unidos de América, Guatemala, Honduras, México y Nicaragua.

El presente informe recoge de forma resumida los principales resultados en materia de solarización en los países participantes, así como las conclusiones y recomendaciones que se derivaron de esta reunión técnica, de las que es evidente que la solarización puede convertirse en un método de control adecuado dentro de un programa de Manejo Integrado de Plagas.

Ricardo Labrada  
Oficial de Malezas  
AGPP, FAO, Roma

## PROGRAMA DEL TALLER

Países participantes: Costa Rica, Cuba, República Dominicana, EE.UU., El Salvador, Guatemala, Honduras, México y Nicaragua.

### PROGRAMA

Lunes 18 de septiembre

#### I Sesión

- 8:00 Inscripción de los participantes
- 8:30 Apertura: palabras de bienvenidas de los Drs Keith Andrews y Allan Hruska, director y jefe del Dpto. de Sanidad Vegetal de la Escuela Panamericana "El Zamorano", respectivamente, y del Dr Ricardo Labrada a nombre de la FAO.
- 9:00 Instrucciones sobre el desarrollo del taller (Dr Abelino Pitty, coordinador del taller).
  
- 9:30 Receso (café)
- 10:00 El desarrollo actual de la solarización del suelo (Dr. R. Labrada)
- 11:00 Informes de los países  
Costa Rica (Franklin Herrera)
- 12:00 Receso para el almuerzo

#### TARDE

- 14:00 Informes de los países  
- Cuba (Emilio Fernández)
- 14:45 - República Dominicana (Juan Medina)
  
- 15:30 Receso (café)
- 4:00 Preguntas y discusión
- 6:00 Barbacoa, Centro Kellogg

Martes 19 septiembre

#### MAÑANA

- 8:00 Continuación informes de los países:  
- Guatemala (Jorge Luis Sandoval y Luis Calderón)
- 9:30 Receso (café)
- 10:00 - Honduras (Werner Melara)
- 11:00 - Nicaragua (Juan José Rodríguez)
- 12:00 Receso para el almuerzo

#### TARDE

- 14:00 - México (Daniel Munro)
- 15:30 Receso (café)
- 16:00 - El Salvador (Jaime Ernesto Ayala)

Miércoles 20 de septiembre

Presentaciones técnicas

MAÑANA

- 8:00 Experiencias mundial sobre el uso de la solarización (Dr. Clyde Elmore, Universidad de California, Davis)
- 8:45 Efectividad de la solarización para el control de los nematodos del suelo (Dr. Emilio Fernández)
- 9:30 Receso (café)
- 10:00 Efectividad de la solarización para el control de malezas (Dr. Clyde Elmore, Universidad de California, Davis)
- 10:45 Condiciones necesarias para una alta efectividad de la solarización (Ing. Daniel Munro)
- 11:30 Preguntas y Discusión
- 12:15 Receso para almuerzo

TARDE

- 14:00 Elaboración de las propuestas de investigación/desarrollo en materia de solarización para la sub-región
- 4:00 Receso (café)
- 4:30 Discusión sobre factibilidad tecno-económica de la introducción del método de solarización en la sub-región

Jueves 21 septiembre

MAÑANA

- 7:30 a) Demostración de campo del método de solarización (Hernando Domínguez)  
b) Visitas a áreas de campo y laboratorio de la Escuela Agrícola Panamericana "Zamorano"

TARDE

- 14:00 Presentación del Ing. Roberto Bran, Olefinas.
- 15:00 Conclusiones técnicas y recomendaciones
- 16:00 Receso (café)
- 16:30 Clausura
  
- 19:00 Cena, Típicos Linda Vista
- 21:00 Visita a Tegucigalpa

Viernes 22 septiembre

Regreso de los participantes a sus países

## **APERTURA DEL TALLER**

El Dr Ricardo Labrada, Oficial del Servicio de Protección Vegetal (AGPP, FAO, Roma) a nombre de la FAO y de su director- general, Dr Jacques Diouf, transmitió un saludo cordial a todos los participantes al taller y les deseó éxitos en el desarrollo de las presentaciones y debates técnicos. La FAO muestra un extraordinario interés en el desarrollo de las técnicas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y promueve las mismas en los países en desarrollo. La técnica de solarización del suelo, considerada muy efectiva para el control de organismos nocivos del suelo y ambientalmente segura, ha sido ya promovida por la FAO en otros países del Medio Oriente y Africa Septentrional, pero aun falta su impulso y desarrollo en los países de clima cálido de América Latina y Africa. El presente taller es el paso inicial de identificación de los resultados existentes en solarización en la región de América Central y parte del Caribe para posteriormente desarrollar un programa de adaptación del método, siempre atendiendo a las particularidades de la agricultura de cada país. Labrada agradeció igualmente la gentileza de los directivos y profesores del Zamorano en la organización del taller.

El Dr Keith Andrews, Director de la Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano", declaró abierto oficialmente el taller y dio una calurosa bienvenida a todos los participantes, siempre deseando los mejores resultados de cada uno. El Dr Andrews dio también una breve panorámica del programa docente y de investigaciones del centro e invitó a los participantes a visitar las distintas áreas docentes de la institución.

El Dr Alan Hruska, Jefe del Departamento de Protección Vegetal del Zamorano, también se refirió a la importancia que el centro le concede al desarrollo del MIP, por lo que la institución se sintió honrada y dispuesta a organizar el presente taller.

Una vez concluida la sesión de apertura, El Dr Abelino Pitty, coordinador del taller, explicó algunos aspectos operativos para el mejor desarrollo del taller.

## **INFORMES POR PAISES**

## LA SOLARIZACION EN COSTA RICA

Franklyn Herrera

En Costa Rica, como en muchas otras partes del mundo, la solarización o calentamiento del suelo por irradiación solar mediante el empleo de coberturas plásticas, se ha considerado una alternativa no química importante en el control de malezas y patógenos, especialmente en almácigos. Esporádicamente la solarización se ha utilizado también en cultivos de alta rentabilidad en los que por alguna razón no se desea aplicar plaguicidas. El método es aun poco utilizado, ya que es desconocida por los agricultores. La investigación realizada y publicada en este tema se concentra en los últimos 12 años y ha sido dirigida principalmente al control de algunos patógenos y malezas en varios cultivos en almácigos, la que a continuación se resume.

Se estudió el efecto de la solarización, por 22 días combinado con afrecho de semillas de café inoculado con *Trigoderma harzianum* incorporado a 5 cm de profundidad del suelo sobre el control de nemátodos en semilleros de tomate. Al comparar los testigos del suelo solarizado y sin solarizar, se encontró que en el suelo calentado hubo un mayor porcentaje de plantas sanas, mayor altura de plántulas y menor número de nódulos de *Meloidogyne*. El efecto de *T. harzianum* fue evidente al lograrse un mayor número de plantas sanas en el suelo natural. Sobre suelo solarizado la sola adición de afrecho 2 % sin inóculo de *Trichoderma* favoreció la obtención de plantas sanas. También se observó una menor población de malezas en el suelo solarizado y cuando se incorporó afrecho al 4%.

Otro trabajo similar se desarrolló con la combinación de la solarización y la incorporación de afrecho inoculado con *Trichoderma harzianum* en coliflor para el control de *Rhizoctonia solani*. La solarización garantizó una reducción de la población del nemátodo *Helicotylenchus* spp, pero no redujo la infestación de malezas gramíneas. La interacción de ambas formas de combate no resultó significativa para controlar la enfermedad.

En otros estudios se evaluó el efecto combinado de la solarización por hasta 28 días, siempre utilizando una manta plástica transparente, con el antagonista *Thichoderma harzianum* en el control de *Fusarium* y *Rhizoctonia* en semilleros de café.

Se obtuvo un efecto moderado sobre *Fusarium* spp y un efecto similar sobre el ataque de *R. solani* cuando se solarizó por pocos días. En conclusiones fue necesario dejar la cobertura de plástico por 28 días para obtener la totalidad de las plantas libres de la enfermedad. Cabe observar que la aparición de *R. solani* fue tardía e irregular. El tratamiento con el antagonista *T. harzianum* no resultó eficaz en la reducción de la incidencia de los patógenos, pero si provocó un aumento en la emergencia de las plántulas. Estudios posteriores han demostrado que el hongo *R. solani* es bien controlado con el método de solarización del suelo de darse el período de solarización mínimo requerido.

La solarización es tan eficaz para el tratamiento de camas de espárragos como otros desinfectantes del suelo, p.ej: bromuro de metilo (24 horas de exposición), Metham-sodico y dazomet.

La solarización es también muy efectiva para el control de malezas. Entre los resultados más relevantes se ha visto que, todos los tratamientos con solarización mostraron menor número de poáceas y malezas de hoja ancha que el testigo sin tratamiento, siendo mucho más efectivos los



tratamientos de 5 y 6 semanas de solarización. Las malezas dominantes fueron *Phyllanthus* spp, *Euphorbia hipericifolia*, *Killynga brevifolia*, *Fimbrystilis annua* y *Cyperus flavus*.

También se ha evaluado el efecto de la solarización combinada con la aplicación de gallinaza sobre el control de las malezas *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Bidens pilosa*. Se determinó, que conforme aumentó el período de solarización, hasta 7 semanas, disminuyó el porcentaje de germinación de tubérculos de *C. rotundus* y de las semillas de las otras dos especies anuales. El efecto no fue afectado por el uso o no de gallinaza. Aun así el control de *C. rotundus* no fue absoluto (entre 68 y 92% de efectividad), lo cual es suficiente para esta especie para reiniciar una infestación. En otras pruebas se ha visto que la gallinaza fresca estimuló la germinación de los tubérculos de *C. rotundus*.

Se ha pensado que una interrupción de la solarización podría estimular la germinación de tubérculos y semillas latentes de malezas, las cuales serían eliminadas en un segundo período de solarización. Sin embargo, tanto en períodos de 5 y 7 semanas, la interrupción de la solarización durante una semana no mejoró significativamente su efectividad sobre las malezas, además que esta operación encarece el costo de la solarización al retirar y colocar de nuevo el plástico.

Se ha visto que la solarización por períodos cortos (2 semanas) estimula la emergencia de las malezas *C. rotundus*, *Brachiaria mutica*, *Ixophorus unisetus*, *Portulaca oleracea*, *ageratum conyzoides* y *Digitaria* spp.

La solarización ha aumentado el contenido de amonio y nitrato en el suelo. Asimismo, se encontró que la solarización disminuyó la biomasa microbiana presente en el suelo.

Existen otras investigaciones sobre el uso de la solarización desarrolladas en Costa Rica por empresas privadas, cuyos resultados no han sido publicados, en cultivos como la fresa, el melón y la cebolla.

La transferencia de la solarización a los agricultores no ha estado respaldada por un programa consolidado y continuo, más bien ha obedecido al interés personal de algunos técnicos y extensionistas que han hecho esfuerzos en sus zonas de trabajo para dar a conocer esta técnica. Un ejemplo lo constituyen las zonas productoras de hortalizas de la parte alta de Cartago y Santa Ana y en los alrededores de Alajuela. Sin embargo, en la actualidad el uso de la solarización por parte de los agricultores es sumamente bajo. la mayoría de los técnicos y agricultores solo tienen conocimiento parcial o no conocen la técnica de solarización. Aquellos que han usado la solarización manifiestan que es una alternativa importante y que da buenos resultados, pero señalan algunas limitaciones como: el alto costo del plástico, tiempo de espera y en algunos casos efectividad errática en el control de malezas como *C. rotundus* y los nemátodos.

No obstante, una correcta transferencia de esta tecnología al agricultor, con indicaciones precisas sobre el momento y período óptimo de solarización, para su uso en pequeñas áreas de semilleros y viveros, puede resultar de gran ayuda en el control de plagas del suelo.

## EXPERIENCIAS EN EL USO DE LA SOLARIZACION EN CUBA

Emilio Fernández y R. Labrada

La solarización es un método alternativo de desinfección del suelo, factible de utilizar en Programas de Manejo Integrado de Plagas, dado sus efectos sobre algunos de los principales enemigos de los cultivos agrícolas y su inocuidad al ambiente.

Desde hace algunos años se comenzó a estudiar este método en Cuba, con vistas a valorar sus ventajas y desventajas bajo nuestras condiciones y dirigido principalmente hacia organismos del suelo con fuerte impacto en la agricultura como son las malezas, nemátodos y hongos.

Los estudios en todos los casos se han realizado tapando el suelo o sustratos húmedos con una lámina de polietileno transparente de producción nacional, con espesor de 90-100 micrones durante un tiempo de exposición variable y la época más favorable.

Se ha visto que el período óptimo para lograr una mayor reducción de los organismos nocivos es de julio a agosto. Para las malezas ha sido suficiente un período de solarización de 30 días, pero en el caso del nemátodo *Meloidogyne incognita* ha sido necesario como mínimo 45 días. De vital importancia resulta ser la preparación óptima del suelo, siempre tratando de llevar a la superficie los huevos y larvas de nemátodos, así como las semillas y órganos de reproducción de las malezas. En otros períodos (después de julio-agosto), a pesar de notarse cierta reducción de malezas, el efecto no es suficiente.

Se ha verificado sobre en muestras de suelo y plántulas de tabaco que el hongo *Phytophthora nicotianae* var *nicotianae* se reduce a niveles no detectables con un tiempo de 30 días de exposición durante julio-agosto. Para reducir la población de los nemátodos en tabaco se necesitan 45 días de exposición.

En viveros de cafeto, la solarización por espacio de 30 días sobre suelo aluvial redujo efectivamente la infestación de nemátodos, mientras que en suelo pardo con carbonatos, se requirieron 45 días de solarización para lograr igual efectividad. A pesar de esta efectividad, se debe observar que en las posturas del cafeto, por ser un cultivo perenne, puede quedar una pequeña infestación remanente, que posteriormente incide negativamente sobre el desarrollo de las plantas

En tabaco, la solarización es recomendada para su uso en semilleros de pequeños agricultores. Esta tecnología es compatible con el sistema de MIP adoptado en este cultivo. La solarización tiene una notable efectividad sobre *Phytophthora nicotianae* y puede combinarse con aplicaciones del antagonista *Trichoderma*. Su mayor deficiencia es su pobre efecto sobre la maleza *Cyperus rotundus*.

En condiciones de hidropónicos, con roca basáltica contaminada por el hongo *Rhizoctonia solani* y malezas, se encontró que la solarización por 30 y 45 días durante julio-septiembre, redujo a niveles no detectables ambas plagas. Este tipo de roca, que sirve como sustrato a la producción de hortalizas en diferentes épocas del año. Con la solarización se alcanzan temperaturas cercanas a los 55 C.

Bajo los sistemas organopónicos, cuyos sustratos están constituidos por suelo y materia orgánica, se obtuvieron resultados exitosos en el control de *Rhizoctonia solani*, varias especies de malezas y

*Meloidogyne incognita*. 30 días de solarizado fue suficiente para el control de las dos primeras plagas mencionadas, mientras que para los nemátodos el mejor efecto se produjo con un tiempo mayor de solarización.

Los resultados obtenidos indican que la solarización constituye una buena alternativa de control de plagas, que se mejora notablemente con la inversión del sustrato o suelo, para llevar a las capas superiores los diferentes estadios de las plagas. Por ser compatible con otras medidas de control de plagas, se encuentra incluida dentro del Programa de Manejo Integrado de cultivos no tradicionales y está propuesta para su inclusión en el Programa de MIP en el tabaco.

## **SOBRE LA SOLARIZACION EN REPUBLICA DOMINICANA**

Juan Medina

En República Dominicana hasta la fecha no se ha realizado experiencia alguna en materia de solarización. El método se ha conocido a través de las consultorías en Protección Vegetal brindadas por el proyecto de la FAO, TCP/DOM/4451 y se ha previsto el inicio de algunas pruebas para el control de plagas del suelo en hortalizas.

En hortalizas se aplican diversos plaguicidas para el control de plagas de suelo, por lo que la aplicación de la solarización puede resultar de gran ayuda en la adecuación de métodos integrados de control de plagas, más compatibles con el medio ambiente y económicamente factibles al agricultor.

De particular importancia en semilleros de hortalizas resulta ser el control de nemátodos del suelo, malezas y algunos patógenos de alta incidencia. Por lo que el programa de trabajo a iniciar debe prever la realización de la transferencia inmediata al agricultor de los resultados obtenidos.

## **EXPERIENCIAS OBTENIDAS CON LA SOLARIZACION DEL SUELO EN GUATEMALA**

En Guatemala se han desarrollado diversas experiencias tendientes a valorar el efecto de la solarización del suelo, algunas de las cuales se presentan aquí de forma resumida.

Con el objetivo de determinar el tiempo óptimo de exposición a la radiación solar y el calibre de película plástica adecuada, se realizó una investigación, donde además del período de solarizado, se estudiaron tres calibres de la manta plástica (1.25/1000", 1.50/1000" y 2.00/1000") sobre el control de hongos del suelo en arveja (*Pisum sativum*), cultivo importante para el consumo nacional y la exportación a EE.UU. Los resultados indicaron que el mejor tiempo de exposición a la radiación solar fue 6 semanas. Las plantas desarrolladas en áreas solarizadas tuvieron normalmente una mayor masa seca. Durante el proceso de solarizado se desarrollaron 7 especies de malezas bajo la película plástica, de las cuales verdolaga (*Portulaca oleracea*) y la hierba de pollo (*Commelina diffusa*) fueron las más agresivas, las menos susceptibles a la solarización y cubrieron la totalidad del área solarizada.

La solarización durante 4 semanas con manta del calibre 2.00/1000" no ejerció ningún control sobre los géneros *Aphelenchoides* y *Aphelenchus*. El calibre 1.5/1000" no controló tampoco especies del primer género ya mencionado, mientras que el calibre 2.0/1000" no afectó a las especies del género *Tylenchus*. En general se observó buena efectividad sobre el resto de los géneros y especies de nemátodos presentes. El único género que aumentó su población después del solarizado fue *Aphelenchus* cuando se solarizó con el calibre 1.5/1000". El efecto sobre los nemátodos al solarizar durante 8 semanas fue el de menor eficiencia, al solo eliminar nemátodos del género *Aphelenchoides* de utilizarse los calibres 1.25 y 2.00/1000". El hecho de no resultar efectivo sobre los nemátodos pudo deberse al desarrollo de malezas que se presentaron en forma abundante debajo de las mantas, lo que provocó temperaturas más frescas.

El mejor efecto sobre los nemátodos se consigue al solarizar durante 6 semanas, debido a que en este tiempo las malezas se presentan con menos intensidad bajo el polietileno, permitiendo que la solarización cumpla parcialmente su función. El solarizado durante 8 semanas fue el menos efectivo por la gran cantidad de malezas que emerge por debajo de la película plástica.

En arveja china la mayor rentabilidad se obtiene al solarizar durante 8 semanas con el calibre 1.25/1000", siguiéndole el tratamiento con un tiempo de solarización de 4 semanas utilizando el calibre 1.50/1000". Otro tratamiento con alta rentabilidad es el de solarizar por 6 semanas con el calibre 1.25"/1000.

En arveja dulce se determinó que la solarización por espacio de 4 y 6 semanas con el calibre 1.50/1000" se obtuvo la más alta rentabilidad, mientras que para un tiempo de exposición de 8 semanas la mayor rentabilidad se obtiene con el calibre 1.25/1000".

Con el objetivo de utilizar la misma película plástica con el doble propósito de solarizar y acolchar a la vez se han realizado estudios con películas coextruidas (blanco-negro y negro-blanco) y otras transparentes. Se determinó que el doble uso de la película plástica es factible, además los rendimientos y la rentabilidad del cultivo de arveja aumentan considerablemente con esta práctica. Las temperaturas más altas se alcanzaron con las películas transparentes, con un promedio máximo de 45°C. Mientras que con el uso de las películas coextruidas solo se alcanzó 31°C cuando la cara

blanca de la película quedó en dirección al sol. Al colocarla a la inversa, es decir la cara negra hacia arriba, se alcanzó una temperatura de 38°C lo que confirma lo afirmado por Ibarra y Rodríguez (3) que durante el día el plástico negro absorbe el 50% de energía, aumentando la temperatura en torno al follaje de la planta.

Las malezas, sobre todo *P. oleracea* y *Commelina diffusa*, solo aparecieron por debajo de las películas transparentes y su presencia hizo descender la temperatura en 6°C.

Todos los plásticos son eventualmente degradados por su exposición a la radiación ultravioleta y la velocidad de este proceso varía entre diferentes tipos de plástico, pero puede ser disminuida por la incorporación de aditivos que inhiben la degradación por la radiación ultravioleta. Otro aspecto que influye es la latitud y la estación en la cual se desarrolla el cultivo. Se ha podido observar que las películas coextruidas no se deterioraron durante el ciclo de cultivo, incluso podrían ser utilizadas por más tiempo. En ningún momento se apreció daño sobre el plástico. En cambio en lo referente a las películas transparentes, el calibre 1.25/1000" inició su degradación a las 8 semanas de la siembra, es decir 14 semanas después de haber sido colocado en el campo. El calibre 1.50/1000" inició a deteriorarse a las 12 semanas después de la siembra, es decir a las 18 semanas de ser colocado en el campo, aunque no se degradó totalmente, cubriendo aún gran parte del suelo hasta que terminó el ciclo de cultivo. El calibre 2.00/1000" suele degradarse en 15 semanas después de la siembra, lo que permite que la arveja cuente con buen acolchado durante todo el ciclo.

Los diferentes trabajos de investigación en solarización del suelo han tenido como principal propósito establecer su eficiencia para el control de plagas del suelo, que afectan el cultivo de la arveja china en Guatemala. Como la arveja es un producto de exportación a EE.UU., se tiene el cuidado de aplicar solo plaguicidas aceptados por la Agencia de Protección al Ambiente (EPA) de EE.UU. El principal fungicida para desinfección del suelo aprobado por la EPA hasta enero de 1994 fue el captan, el cual ya no es aprobado, lo que obligó a buscar alternativas no químicas para el control de enfermedades del suelo en los campos de arveja. También el número de productores con el decursar del tiempo ha aumentado y, por consiguiente, los problemas en la producción de la arveja, principalmente por el uso inadecuado de plaguicidas y daños causados a las vainas por diversas plagas. La transferencia de la tecnología de solarización del suelo ha estado dirigida a los diferentes sectores involucrados en el cultivo tales como: productores, proveedores de insumos, congeladores, sector público, estudiantes de agronomía y escolares, a fin de hacer más efectiva la participación y la difusión de ésta tecnología.

## **EXPERIENCIAS DEL PROGRAMA MIP/LADERAS (HONDURAS) CON EL METODO DE SOLARIZACION**

Wener Melara y Julio Lopez

El programa MIP/Laderas desarrollado por la Escuela "El Zamorano", desde 1992, trabaja en la capacitación de: técnicos, promotores, paratécnics y agricultores.

El MIP se promueve a través de técnicas económicamente viables al pequeño agricultor y que sean ecológicamente aplicables.

Algunas de las técnicas han sido generadas por los mismos agricultores a través del proceso de capacitación, pero, otras ideas como la solarización, generadas por otras fuentes, están actualmente siendo evaluadas en nuestro medio.

En 1994, nuestro equipo comenzó a probar de forma esporádica la técnica de solarización, que como se sabe, fue desarrollada en Israel desde 1974.

Desde aquel entonces se ha impulsado la utilización de esta técnica, que ha tenido aceptación por algunos agricultores, pues en el transcurso del presente año se han observado sus ventajas y desventajas.

La técnica de solarización se ha transmitido a pequeños agricultores de una manera práctica y sencilla.

### **DESARROLLO DE LA TRANSFERENCIA**

Algunos agricultores después de la capacitación, han probado esta técnica comparándola con el sistema convencional de control de plagas del suelo. Sus testimonios arrojaron los siguientes resultados: en semilleros de repollo con solarización no se presentó problemas del mal del talluelo, mientras que donde no se usó la técnica se tuvo una incidencia de la enfermedad a un nivel del 80%.

Las ventajas del método son: sencillo en su aplicación, de buena aceptación, de bajo costo para el pequeño agricultor, no crea problemas de contaminación como la aplicación de los agroquímicos, el plástico puede reutilizarse, aplicable a cualquier tipo de suelo y compatible con otros métodos no químicos, tales como el encalado.

Las desventajas registradas son: que en dependencia de la zona y la época el método puede requerir mayor tiempo de solarización, o sea exposición del suelo cubierto con la manta plástica; algunos organismos fitopatógenos pueden sobrevivir al efecto de la solarización y el material plástico puede perderse durante el período de solarizado por razones ajenas a la técnica.

## LA SOLARIZACION DEL SUELO EN NICARAGUA

Juan J. Rodríguez

Los cultivos tradicionales en particular los granos básicos: maíz, frijol, arroz, son seriamente afectados por diferentes plagas del suelo, se presentan generalmente con diversos grados de infestación o infección.

En otros cultivos más tecnificados, como por ejemplo: el arroz irrigado, sorgo industrial y el complejo de plantas oleaginosas, suelen ser menos afectados por plagas del suelo.

Actualmente en los cultivos no tradicionales, que son en su mayoría para exportación, se han adoptado nuevas tecnologías que sirven para cumplir con los requisitos de mercado y, por ende, de calidad de la producción. A tales efectos se han puesto en práctica una mayor vigilancia e identificación de los problemas en manejo de plagas. Los mayores problemas de plagas del suelo son distintas malezas, insectos y hongos, para los que se requiere del uso de tecnologías apropiadas de manejo integrado.

Los diferentes cultivos y de mayor interés económico del país son afectados por malezas del complejo de las ciperáceas, gramíneas y otras especies, las que se presentan desde épocas tempranas de los cultivos. Por lo general se recurre al uso de herbicidas para su control. En el caso de los insectos hay una variada cantidad de especies, que generalmente son de hábitos cortadores, comedores de hojas y de raíces en el inicio del desarrollo de las plántulas, p. ej.: larvas de *Phyllophaga* sp., *Elasmopalpus lignosellus* y especies del género *Spodoptera*, así como hongos *Rhizoctonia* sp., *Sclerotium rolfsii*, *Macrophomina phaseoli* y *Sclerotinia* sp., y otros agentes causales como bacterias y nematodos.

Para el caso de plagas de suelo la práctica común en nuestro medio son las labores agrícolas tradicionales y en casos muy severos el uso de plaguicidas específicos para suelo o determinado cultivo y agente a controlar.

En cuanto a la solarización del suelo, esta técnica aun no se practica en el país. Solo que de forma casual o por interés propio, algunos agricultores han utilizado el uso de cobertura-mulch (acolchado) con plásticos en unas 400 ha del cultivo del melón con el doble propósito de controlar las plagas (p.ej: mosca blanca) y elevar la eficiencia del riego.

La evaluación del método de solarización y su introducción posterior en la práctica agrícola puede significar un paso adelante en la reducción del uso de plaguicidas químicos, con la consiguiente reducción de costos y menor efecto adverso al ambiente.



## LA SOLARIZACION DE SUELO EN EL SALVADOR

Jaime Ayala Moran

De todos es conocido que la investigación agrícola requiere de fuertes inversiones con el objetivo de lograr resultados confiables. Cuando se habla de prácticas de solarización del suelo en nuestro país, nos referimos a una técnica poco conocida y difundida a nivel del agricultor.

Generalmente, la solarización se utiliza en la desinfección de semilleros de hortalizas en sustitución del bromuro de metilo. El poco poder adquisitivo del agricultor ha limitado la extensión de esta técnica que conlleva la utilización de manta plástica.

Es importante destacar que instituciones y algunos agricultores realizan sus cultivos en campo haciendo uso del plástico para acolchado, sea de color negro o transparente.

El CENTA ha realizado una investigación relativa a la desinfección de suelo con el uso de mantas plásticas transparentes. Para este propósito, se evaluó el tiempo de solarización del suelo (entre 20 y 30 días) y el número de capas necesarias del plástico (hasta 2 capas). Los resultados de dos ensayos efectuados en forma continua fueron muy similares. En los mismos se comprobó que las más altas temperaturas se registraron con el uso del plástico por 30 días y utilizando una sola capa del mismo.

En análisis de nemátodos del suelo no se encontraron poblaciones significativas de estos organismos al final del ensayo, mientras que el conteo de malezas arrojó que las plantas indeseables fueron bien controladas en su estadio de germinación, a excepción de *Cyperus* spp., cuya población disminuyó poco y mostró mayor resistencia al tratamiento. Los resultados que se obtuvieron fueron halagadores para la difusión de la práctica, y tomando en cuenta las experiencias de países que poseen características similares a las nuestras, consideramos que podría ser una práctica a ser incluida en los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) por el agricultor salvadoreño.

La opinión y criterio generalizado de técnicos de investigación y extensión es que la solarización del suelo beneficia al agricultor y al medio. No obstante, aun se debe conocer la diferencia del efecto biocida y temperaturas que producen plásticos de distintos colores en pruebas al efecto. Esta situación está dada por la poca información y experiencia existente en nuestro país en materia de solarización.

## **ASPECTOS TECNICOS DE LA SOLARIZACION DEL SUELO**

## EL DESARROLLO ACTUAL DE LA SOLARIZACION DEL SUELO

R. Labrada

### **Introducción**

La humanidad deberá enfrentar un reto difícil en el transcurso del primer tercio del tercer milenio, alimentar a casi 9 mil millones de habitantes en el año 2030, o sea 3,3 mil millones más de la actual población mundial, lo que equivale a que habrá que incrementar los rendimientos de las plantas cultivables por unidad de área cultivada.

Sin embargo, para lograr el empeño arriba indicado también se deberá tomar muy en cuenta los métodos de cultivos utilizados para alcanzar tal producción, los que deberán ser plenamente compatibles con el medio ambiente.

Cuando se inició la denominada Revolución Verde, gran parte del mundo pensó que con las nuevas variedades de cultivo, más productivas que las tradicionales, y con el uso de agroquímicos (plaguicidas y fertilizantes minerales) se resolvería el problema de la producción de alimentos. La vida ha demostrado que todo esto es incierto, pero también indica que existe un costo social de todas las prácticas que se realizan en la agricultura, el cual aun no ha sido medido y compromete nuestros medios básicos de producción agrícola, entiéndase agua y suelo, para las futuras generaciones.

En lo que respecta al uso de plaguicidas, la experiencia va demostrando que es falso que tan solo con el uso de plaguicidas se resuelva el problema de la incidencia de plagas. El manejo integrado de plagas (MIP) es la mejor opción en este campo, práctica jamás acabada, pues es tan dinámica como los propios procesos de cambio de los organismos nocivos.

En el contexto del MIP, particular atención se debe prestar a las vías de control de plagas de suelo, las que son, por cierto, las primeras en entrar en contacto y afectar la planta cultivable. Afortunadamente, existe un método que bien utilizado puede ayudar enormemente en el control de plagas del suelo y que resulta viable para el medio ambiente. Este método es la solarización del suelo, a cuya descripción va dirigida la presente información.

### **1. Esencia del método de solarización**

La mayoría de los organismos nocivos del suelo tienen un carácter mesofílico, o sea resisten poco temperaturas por encima de 31-32 C en el suelo, por lo que su eliminación es factible si se logra tales niveles térmicos en el suelo.

El método de solarización, ensayado y propuesto por primera vez por Katan (1981) en Israel, es un proceso hidrotérmico que crea condiciones de altas temperaturas en el suelo, lo que resulta ideal principalmente en el período de pre-siembra o pre-plantación para controlar un buen número de plagas del suelo (insectos, patógenos, nemátodos y malezas).

La técnica se basa en la utilización de una manta transparente de polietileno, la cual permite el paso

de los rayos solares, que son absorbidos por el suelo húmedo.

El éxito de la solarización dependerá de varios factores, pero lo esencial, según comunica DeVay (1991), es la humedad del suelo a fin de lograr un máximo de transferencia de calor sobre los organismos nocivos del suelo. El tiempo de solarización y la temperatura lograda en el suelo durante tal período son factores esenciales del éxito de este método.

## **2. Condiciones para la solarización**

(i) Normalmente las mantas plásticas transparentes de polietileno son las más recomendadas para la solarización, pero también se ha visto que las de color negro son útiles igualmente. El polietileno (PE) es ideal, ya que deja pasar mejor la radiación solar que otros materiales a base de acetato de etileno vinílico o cloruro de polivinil. Por lo regular, el plástico de PE de poco grosor resulta ser conveniente para propósitos de solarización.

(ii) Altas temperaturas en el suelo se logran cuando la humedad del suelo es suficiente. La actividad de varios organismos (patógenos y malezas) se ve favorecida por la humedad y esto, a su vez, eleva la susceptibilidad de los mismos a las altas temperaturas.

(iii) La solarización solo suele funcionar en estaciones cálidas del año. Para tener una idea al respecto, en Cuba las temperaturas predominantes en julio-agosto están en el orden de 30-34 C durante el día, mientras que en la noche son de 27-28 C. La solarización arroja un buen control de malezas cuando se desarrolla en este período. Sin embargo, el método es inefectivo si se desarrolla en los meses de diciembre-enero, cuando la temperatura media desciende a menos de 25 C y se registran temperaturas más frías en horas de la noche.

La intensidad de la luz solar tiene mucho que ver en esto. A mayor intensidad de la radiación solar y exposición habrá mayor efectividad sobre los organismos nocivos del suelo.

Normalmente tiempos de exposición de 30-45 días son suficientes para lograr una buena efectividad sobre gran parte de las plagas del suelo.

## **3. Areas de uso factible de la solarización**

Existe un uso habitual de los llamados esterilizantes del suelo en semilleros de hortalizas, ornamentales y otros cultivos para el control de plagas de suelo. Estos agroquímicos (sobre todo el bromuro de metilo) son sumamente tóxicos, difíciles de manipular y costosos en su aplicación en general.

La solarización parece ser económicamente factible para el control de plagas de suelo en las áreas arriba indicadas. El costo de la manta plástica siempre será más barato que la aplicación de cualquiera de los esterilizantes del suelo.

Este autor entiende que la factibilidad económica de la solarización puede crecer por dos vías: (i) por uso más prolongado de la manta plástica y (ii) por un uso prolongado del área de siembra sin necesidad de utilizar plaguicidas al suelo. Expliquemos que aquí se entiende.

(i) Estamos refiriendonos a áreas de pequeños agricultores y , por ende, a áreas de cultivo pequeñas en su tamaño. Si la manta plástica queda intacta después de un ciclo de cubrimiento de hasta 45 días, no se ve ninguna dificultad para que la manta se recoja y se vuelva a utilizar en otra área o se conserve para su uso en la próxima estación cálida de cultivo. La manta de no ser muy afectada por lluvias puede ser usada hasta tres veces.

(ii) Si el área solarizada es utilizada para producción de posturas que posteriormente serán trasplantadas en otras áreas, es probable, que al recogerse las posturas aun persista el efecto de control en el suelo, por lo que el agricultor podría realizar otra siembra y cosecha con un mínimo de gastos adicionales y, por ende, la utilidad económica se elevaría.

#### **4. Otras ventajas de la solarización**

Se ha comprobado que la solarización hace más accesible los nutrientes del suelo a las plantas e incrementa relativamente las poblaciones de bacterias del genero *Bacillus* que favorecen el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas cultivables (Stapleton & DeVay 1984).

#### **5. Desventajas del método**

Nada es perfecto y la solarización no escapa de esta ley general. A grandes rasgos se ven dos desventajas, una económica y otra de carácter ambiental.

La económica radica que el costo de la manta plástica puede ser prohibitivo a determinados pequeños agricultores, sobre todo de la denominada agricultura de subsistencia, por lo que el apoyo financiero del estado al agricultor es vital en una etapa inicial de uso del método.

En grandes áreas de cultivo ya se ha venido utilizando la solarización, tal es son los casos de la producción de hortalizas en el Valle de Jordania (Abu-Irmaileh 1991), así como en parte de Italia. Ya a este nivel de uso surge el problema ambiental con las mantas plásticas deterioradas, que de no recogerse y destruirse se convierten en un contaminante del medio.

#### **6. Plagas susceptibles y resistentes a la solarización**

Un buen número de plagas del suelo son bien controladas por la solarización, entre estas varias especies de nemátodos, patógenos del suelo y especies de malezas.

La experiencia de este autor es con las malezas y se ha visto que la gramínea perenne *Sorghum halepense* proveniente de rizomas es controlada por medio de la solarización. Sin embargo, otra perenne, *Cyperus rotundus*, especie sumamente resistente a varios herbicidas, es también parcial o totalmente resistente a la solarización (Labrada 1990). Daelemans (1989) ha comunicado que con la solarización se logra un buen efecto de control sobre la gramínea perenne *Imperata cylindrica*.

#### **7. Estado de desarrollo de la solarización**

Existe un número vasto de publicaciones sobre el tema de solarización, las que usualmente aparecen en las revistas *Phytopathology*, *Crop Protection*, *Weed Technology*, *Plant Disease*, *Plasticulture*, *Phytoparasitica* y otras más. Estas publicaciones son esencialmente de trabajos realizados en el norte de Africa, en el Medio Oriente, incluyendo Israel y países del Mediterráneo europeo (Italia y

España mayormente).

Como ya se ha indicado el método se aplica ampliamente en muchas áreas de los países mencionados.

En el hemisferio occidental se conoce de los trabajos de la Universidad de California, Davis, EE.UU., donde ya hay cierto nivel de aplicación del método (Bell, comunicación personal 1995), y también existe información de resultados experimentales llevados a cabo en México (Munro *et al* 1990) y en Cuba. Recientemente se nos informó que en Brasil también hay experiencia en el manejo del método de solarización (Pitelli, comunicación personal, 1995).

No obstante, la realidad es que el método se practica poco en el continente americano y aun menos en el sub-continente latinoamericano. Se puede incluso afirmar que en muchos países del área el método hasta en su denominación se desconoce.

Es de ahí que se imponga el inicio de un programa que pueda conducir al uso creciente de este método de control de plagas por parte de los pequeños agricultores u otros en la región.

La FAO ha sido la agencia técnica que mayor promoción ha dado a la técnica de solarización, de lo cual da fe la organización y desarrollo de la primera conferencia internacional de solarización del suelo llevada a cabo en febrero de 1990 en Amman, Jordania. Las memorias de este evento, publicadas por la FAO en 1991 (FAO Plant Production & Protection Paper No. 109) son únicas al aportar un importante caudal de información y referencias sobre solarización. Ya para 1997 FAO viene planificando el desarrollo de la segunda conferencia internacional, que se prevé realizar en Siria.

La FAO prevé igualmente promover la práctica de esta técnica en aquellos países en vías de desarrollo, esencialmente de América Latina y el Caribe, y Africa, donde aun existe poco o ningún conocimiento sobre esta técnica de control.

### **Bibliografía consultada**

Abu-Irmaileh B.E. 1991. Weed control in squash and tomato fields by soil solarization in the Jordan Valley. **Weed Research** 31:125-133.

Daelemans A. 1989. Soil solarization in West Cameroon: Effect on weed control, some chemical properties and pathogens of the soil. *Acta Horticulturae* No. 255 pp 169-175.

DeVay J. 1991. Historical review and principles of soil solarization. In "Soil Solarization", **FAO Plant Production & Protection Paper** No. 109, pp. 1-15.

Katan J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. **Ann. Rev. Phytopathol.** 19:311-336.

Koch W. y M. Kunisch. 1989. Principles of weed management (manuscript of a course). **Plits** 7(2): 86 p.

Labrada R. 1990. El manejo de malezas en áreas de hortalizas y frijol en Cuba. En Memorias del X Congreso ALAM, La Habana 10-14 Abril, Tomo II pp.1-16.

Munro D., J.J. Alcántar, Eugenia Vargas. 1990. Construcción de un modelo de predicción de la eficiencia de la técnica de desinfección solar del suelo para el control de malezas en melón de México. Memorias X Congreso ALAM, La Habana, 10-14 abril, Tomo I, p. 100.

Stapleton J.J. y J. DeVay. 1984. Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth response. **Phytopathol.** 74:255-259

# **SOIL SOLARIZATION, A NON PESTICIDAL METHOD FOR CONTROLLING DISEASES, NEMATODES AND WEEDS**

Clyde Elmore

## **I. Introduction/Definition of Solarization**

Soil solarization is a non-pesticidal method of controlling soil pests and weeds by placing clear or black plastic sheets on top of moist soil. Clear plastic sheets allow the sun's radiant energy to transmit and be trapped as longer wave lengths in the soil, heating the upper levels. Black plastic sheets allows some heating of the soil but not to the degree of clear plastic. Solarization during the hot summer months increases soil temperatures to levels deadly to many plant disease-causing organisms, weed seeds and seedlings (including parasitic plants), and nematodes. Soil solarization also improves soil structure and increases the availability of nitrogen and other essential plant nutrients.

Soil pests and weeds have been partially controlled in some vegetable and fruit crops by soil-applied pesticides, including methyl bromide, chloropicrin and metham. However, the use of these soil fumigants is often undesirable due to their toxicity to animals and humans, their residual toxicity in plant materials and soils, the complexity of soil treatment, and their high cost. Furthermore, the restricted use of many soil-applied pesticides seems imminent as existing environmental legislation is implemented. As a result of these restrictions there has been an increased emphasis on non-pesticidal control methods. Soil solarization is a safe method that been used with field, vegetable and flower crops, orchards, vineyards, and in greenhouses in California for over 12 years.

## **II. How to Solarize Soil**

### **A. Preparation**

Preparation of soil for solarization begins with disking, rototilling, or turning the soil by hand to break up clods and then making the soil surface smooth. Solarization is most effective when the plastic sheeting is laid as close as possible to the soil surface. It is best to remove any large rocks, weeds, or any other objects that will raise or puncture the plastic. Once the soil is level and smooth, the plastic sheets may be laid by hand or by commercial machinery. The plastic sheets should then be anchored to the soil by burying the edges in a shallow trench around the treated area. The soil under the plastic sheets must be moist (~ 70% soil capacity) for soil solarization to be effective. It is possible to irrigate the soil either before or after the plastic sheets are laid. However, if heavy machinery is used to put down the sheets, the soil must be dry enough to avoid compaction. If the soil is irrigated beforehand, care must be taken to apply plastic as soon as possible to avoid water loss. A number of different methods may be used to irrigate the soil after the plastic is laid. One or more hose or pipe outlets may be installed under one end of the tarp. It is also possible to use furrow irrigation or drip lines which are installed before the plastic is laid. Irrigation water may also be able to run underneath the tarps in the tracks made by tractor wheels if the plastic sheets were machine applied.

Usually the soil does not need to be irrigated again during the treatment. If the soils are very light and sandy, however, it may be necessary to irrigate a second time. This will cool the soil, but because of the increased moisture the final temperatures will be greater.



## **B. Length of Treatment**

The plastic sheets should be left in place for 4 to 6 weeks to allow the soil to heat to the greatest depth possible. The plastic can be removed or it may be left in place as a mulch during the following season by transplanting plants through the plastic. The soil can be planted immediately to a fall or winter crop or left fallow until the next growing season. **If the soil must be cultivated for planting, the cultivation should be shallow (less than 2 inches) to avoid moving viable weed seed to the surface.**

## **C. Plastic Type and Maintenance**

Transparent plastic is most effective for soil heating. However, black plastic is often used for mulching and it can be used for solarization but the main effect is reducing weed growth. It does not cause the soil to heat as well as clear plastic. The thinner the plastic, the greater the heating will be. Polyethylene (PE) plastic 1 mil (0.001 inch ) thick is efficient and economical but not very resistant to tearing by wind or puncture by animals. Users in windy areas might want to consider thicker plastic sheets (tarps) (usually 1.5 to 2 mils thick). If holes or tears do occur in the plastic they should be patched with clear patching tape.

The plastic sheets should be treated with a ultraviolet (UV) inhibitor before purchasing. This will prevent them from becoming brittle and difficult to remove from the field. Users who lay the plastic sheets by hand should be able to use them for solarization more than once. The heating effect has been shown to vary with reuse. If the plastic is dirty or dusty it is less effective with the second use.

## **D. Complete vs. Strip Soil Coverage**

The plastic sheets may be laid down so that they form a continuous surface over the entire area to be planted. This can be accomplished by either gluing (using a UV resistant glue) to fuse the sheets together. The sheets may also be held in place by burying the ends. If complete coverage is used, followed by bed formation, care must be taken to avoid deep listing, which could bring infested soil to the surface. Entire field application is more effective on soil pathogens and nematodes when there is a chance of infested soil being moved to the plants from cultivations or furrow applied irrigation water. It is important for weeds if perennials are to be controlled.

Alternatively, plastic may be applied in strips over pre-formed vegetable beds. In some cases, strip coverage may be more practical and economical than full soil coverage because less plastic is needed and welding of plastic sheets together is avoided. With strip coverage, however, the long-term benefits of soil solarization may be lost because pest-infested soil in the rows between the strips can contaminate and re-infest treated areas. If strips are used they should be a minimum of 80 cm wide.

## **E. Solarization in Greenhouses**

The soil surface inside the greenhouse should be leveled, irrigated and covered with plastic sheeting. To maximize the transmission of light it may be advisable to wash the roof of the greenhouse before treatment. The greenhouse should then be closed up tightly for four or more weeks. Soil temperatures resulting from solarization inside greenhouses are significantly higher than those obtained during field solarization. Solarization in greenhouses can therefore be effective under cooler

climatic conditions than field or garden solarization. Solarization in greenhouses is used extensively in southern Europe and Japan to control diseases of strawberries, tomatoes, eggplants and cucumbers.

### **F. Post-plant Solarization of Orchards and Vineyards**

Soil solarization has been used successfully on a large scale to control *Verticillium* wilt in young pistachio orchards in California. The treatment has also been successfully used in avocado, stone fruit and olive orchards and vineyards. Plastic is laid by hand around the bases of individual trees and is connected to strips laid between the rows or can be laid in anchored strips and glued along the tree row. For best effect, begin solarization as trees are planted. Black plastic may also be used. Partial shading by the young trees does not prevent soil heating nor does soil solarization appear to bother the young trees during the period of treatment. An additional benefit of solarization of orchards and vineyards is that it can greatly reduce the amount of water needed for irrigation. Because nutrients are more readily available, often there is an increase in growth of the trees.

### III. Why solarization works?

#### **A. Soil Temperature**

The heating effect of soil solarization is greatest at the surface of the soil and decreases with depth. Maximum temperatures of solarized soil in field areas are commonly between 42 to 55 C at a 5 cm depth and range from 32 to 36 C at a depth of 45 cm. Control of soil pests and weeds is usually best in the upper 10 to 30 cm of soil. The majority of target pathogens and weeds which have been studied in solarized soil have been controlled in the upper 10 to 30 cm of soil. Higher soil temperatures and deeper soil heating may be achieved inside greenhouses or when a double layer of plastic sheeting is used. Soil temperatures in solarized greenhouses may reach 60 C at a depth of 10 cm and 53 C at 20 cm.

#### **B. Effect of soilborne pests**

The soil temperatures reached during solarization kill many plant pathogens, pests and weed seeds and seedlings directly through repeated daily heating. The heat also weakens many organisms that can withstand solarization, making them more vulnerable to the attack of heat-resistant fungi and bacteria. Changes in the soil gas environment during solarization also may kill some soil organisms.

Plant pathogens, weeds, and other soilborne organisms differ in their sensitivity to soil heating. Some organisms will not be controlled by solarization and will require other control measures. This appears to be the case with sweet clover (*Melilotus* sp.) And some high temperature fungi in the genera *Macrophomina*, *Synchytrium*, and *Pythium*. On the other hand, some organisms difficult to control with soil fumigation, such as seeds of cheeseweed (*Malva parviflora*), field bindweed (*Convolvulus arvensis*) and *Verticillium*, are easily controlled by soil solarization.

#### **C. Effect on soil**

Solarization initiates changes in the physical and chemical features of soil that improve the growth and development of plants. It speeds up the breakdown of organic material in the soil resulting in the release of soluble nutrients such as nitrogen (NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Calcium (Ca<sup>++</sup>), Magnesium (Mg<sup>++</sup>), Potassium (K<sup>+</sup>), and organic fulvic acid making them more available to plants. Improvements in soil tilth through soil aggregation is commonly observed.

## **D. Plant Growth Response**

Plants often grow faster and produce both higher and better quality yields when grown in solarized soil. This phenomenon can be attributed, in part, to improved disease and weed control, but it is (largely unexplained). For example, when soil apparently free of pests and weed seed is solarized, increases in plant growth are still seen. A number of factors may be involved. First, because major pests are controlled, it is likely that minor or unknown pests are also controlled. Second, the increase in soluble nutrients improves plant growth. Third, the relative increase in helpful microorganisms which follows solarization may contribute to the biological control of pests and/or stimulate plant growth.

## **IV. Factors Which May Affect How Well Soil Solarization Works**

### **A. Timing**

Highest soil temperatures occur when days are long, air temperatures are high, skies are clear, and there is no wind. The heat peak in many areas of California is around July 15. Therefore the best time for solarization of soil in California is in June and July. Good results may also be obtained in May, August, and September, depending on weather and location.

The soil heating effect may be limited on cloudy days. Wind or air movement across the plastic will rapidly dissipate the trapped heat. Additionally, strong winds may lift or tear sheets.

To avoid losing a growing season, special attention should be given to crop rotations and sequences that allow solarization but also take advantage of the land before and after treatment. For example, in the Imperial and Coachella Valleys, where summer temperatures are too hot for most crops, soil can be solarized during summer and planted during fall or winter.

### **B. Duration of Treatment**

The longer the soil is heated, the better the control of pests will be. Although some pest organisms are killed within days, 4 to 6 weeks of treatment in full sun during the summer is recommended. Some relatively heat-resistant organisms may require longer (up to 8 weeks) of solarization for control. Addition of pesticides, fertilizers, and certain organic amendments may reduce the treatment time.

### **C. Where to use Solarization**

Soil solarization is most effective in warm, sunny locations such as the Central Valley and desert valleys of California. It also has been used successfully in cooler coastal California, Idaho and Quebec during periods of highest air temperatures and clear skies but treatment predictability may be lower. Greenhouse solarization is effective in cooler climates than field solarization.

### **D. Preparation of the Soil**

Air pockets between the plastic and the soil greatly reduce soil heating; therefore preparation of a level seedbed is critical.

### **E. Soil Moisture Content**

Soil solarization is most effective when soil is saturated with water to at least 70% of field capacity in

the upper layers and moist to depths of 60 cm. Wet soil conducts heat better than dry soil and makes soil organisms more vulnerable to heat. Having soil moist 4 to 6 days before solarization allows weed seeds and pathogen propagules to imbibe water and makes them even more sensitive to heat.

#### **F. Slope/Sun Angle**

The heating of soil in raised beds will be most even if the beds are oriented north to south rather than from east to west. More uniform heating gives better control.

#### **G. Soil Color**

Dark soils reach higher temperatures during solarization than lighter colored soils due to their greater absorption of solar radiation. However, adding dark material such as charcoal to a light loam soil surface has only raised maximum temperatures 1 to 2 degrees. Organic material such as manure may give the same effect.

#### **H. Cultivation Following Solarization**

Deep cultivation following soil solarization should be avoided because it may bring weed seeds and pathogens to the upper soil layer which in turn may cause severe weed and disease problems.

### **V. Results of Soil Solarization**

#### **A. Response of Weeds and Pathogens**

##### **1. Weeds**

Seeds and seedlings of many annual and perennial weeds are controlled with soil solarization (Table 1). While some weeds species are very sensitive to soil solarization, others are moderately resistant and require optimum conditions (good soil moisture, tight fitting plastic, and high radiation) for control.

Winter annual weeds seem to be especially sensitive to solarization. Sweet clover (*Melilotus alba*) is an exception. Control of winter annuals is often evident for more than one year following treatment. Soil solarization is especially effective in the control of weeds in fall seeded crops such as onions, garlic, carrots, broccoli or other brassica crops and lettuce.

Summer annual weeds are less temperature sensitive than winter annuals but most summer annuals are relatively easily controlled by soil solarization. Control of purslane (*Portulaca oleracea*) and crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) may be more difficult to achieve. Purslane, if present and controlled is a good indicator plant for adequate soil heating. Red clover (*Trifolium hirsutum*) is stimulated by solarization.

Control of perennial species by soil solarization is generally more difficult than that of annual species due to the persistence of deeply buried underground vegetative structures such as roots and rhizomes. Seeds of bermuda grass (*Cynodon dactylon*), Johnson grass (*Sorghum halepense*), and

field bindweed (*Convolvulus arvensis*) are sensitive to solarization. Rhizomes of bermuda grass and johnson grass may be controlled by solarization if they are not deeply buried by plowing. However, buried roots and rhizomes may resprout from depths at which they are not greatly affected by the solarization process. Solarization alone is not effective in the control of the rootstocks of field bindweed. Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) is only partially controlled by soil solarization and purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) is not significantly affected.

## 2. Disease-causing Organisms (Pathogens)

Most plant pathogens are unable to grow at temperatures above 30 to 33 C and have been successfully controlled by soil solarization (Table 1). Exceptions include *Macrophomonia phaseolina*, *Pythium aphanidermatum*, *Fusarium oxysporum* f.sp.*opini*, and species of *Aspergillus*, *Penicillium*, and *Mycorrhizae*.

## 3. Nematodes

Soil solarization can be used to control many species of nematodes (see Table 1). However soil solarization is not always as effective in controlling nematodes as it is in controlling fungal diseases and weeds. Nematodes are relatively mobile and can recolonize soil very rapidly. Nematode management may therefore require yearly treatment. Control by solarization is greatest in the upper 30 cm of the soil. Nematodes in the deeper soil profile may survive solarization and damage plants with deep root systems. Nematode control by solarization is usually adequate to improve the growth of shallow-rooted, short season plants. It is particularly useful for organic gardeners and home gardeners. Solarization may also be a beneficial addition to an integrated nematode control system.

## 4. Bacteria

Populations of soilborne pathogens such as *Pseudomonas solanacearum* are difficult to control by soil solarization.

## **B. Effect on Beneficial Soil Organisms**

If soil solarization gets rid of harmful organisms, won't it get rid of helpful ones too? Fortunately, although many soil pests are killed by the relatively mild soil heating many other soil organisms are either able to survive solarization or to recolonize the soil very quickly afterwards. Important among these organisms are the mycorrhizal fungi and fungi and bacteria which parasitize plant pathogens. The shift in the soil population in favor of these antagonists makes solarized soils more resistant to the establishment of pathogens than either non-solarized or fumigated soil.

### 1. Worms

The effect of soil solarization on earthworms has not received much attention, but it is thought that they retreat to lower depths and escape the effects of solarization.

### 2. Bacteria

Populations of the beneficial bacteria *Bacillus* and *Pseudomonas* spp. are reduced during solarization but afterwards they recolonize the soil rapidly. Populations of *Rhizobium* spp. Of bacteria, which fix nitrogen in root nodules, may be greatly reduced by solarization and should be reintroduced by inoculation with seeds of legume crops. Soilborne populations of nitrifying bacteria are also reduced during solarization.

### 3. Fungi

Antagonistic fungi, especially *Trichoderma*, *Talaromyces*, and *Aspergillus* spp. survive or even increase in solarized soil. Mycorrhizal fungi are more resistant to heat than most plant pathogenic fungi. They may be decreased in the upper soil profile but studies have shown that this not enough to reduce their colonization of host roots in solarized soil.

### 4. Actinomycetes

Populations levels of Actinomycetes are not greatly affected by soil solarization. Many members of this group are known to be antagonistic to plant pathogenic fungi.

## VI Integration of Other Control Methods with Soil Solarization

Combining soil solarization with pesticides, organic fertilizers, and biological control agents has often led to improved control of pathogens, nematodes and weeds. Combinations of other treatments with soil solarization may be especially useful in cooler areas, for heat-tolerant organisms, or to increase the long-term benefits of solarization.

Low application rates of fungicides, fumigants, or herbicides have been successfully combined with soil solarization to achieve better pest control. Pesticides have been applied both before and after solarization. Soil solarization affects the action and breakdown of many agricultural chemicals and dosages need to be adjusted accordingly. The elevated temperatures seem to increase the activity of pesticides such as metham and so lower doses are needed. Solarization speeds up the disappearance of EPTC(Eptam) and vernolate, either by increasing their volatility or their degradation. Other chemicals, such as terbutryn or carbendazim, have slower degradation rates after solarization. This may be due to the changes in the populations of soil microorganisms following solarization. Although such pesticides may be effective for longer periods of time than normal, care must be taken that they do not harm the next crop. It is worth noting that the combination of soil solarization and chemical control may reduce the long-term soil suppressiveness benefits obtained by the use of soil solarization.

Solarization has also been combined with the application of cabbage residues, composted manure, and inorganic fertilizers. In some cases this has improved pest control, possibly due to the release of volatile compounds which kill soil organisms. Soil solarization has also been successfully combined with the biological control agents *Trichoderma hazianum* and *Talaromyces flavus*.

## VII Economics of Soil Solarization

### Cost of Land Preparation and Application

The costs of soil solarization depend on the thickness of the plastic used, areas of soil coverage (complete vs. strip coverage), the method of irrigation, and methods of plastic application, connection and removal. Estimates of the cost per hectare are shown in Table 2. These costs should be balanced against the alternative methods of pest control and (in some cases) should be viewed over a period of more than 1 year or growing season. In general, the greatest economic return from soil solarization will be obtained from high value crops grown in infested soils.

Some of the factors which should be taken into consideration when deciding whether or not to solarize soil in a particular instance are summarized in Table 2 below.

## VIII Plastics

### A. Availability of Plastics

For small applications to gardens thin (1.5 to 4 mil) ultraviolet inhibited (UV inhibited) plastic can be purchased from nursery or lumber establishments. These are sometimes called “drop cloths” which are used to catch paint drippings. In small agricultural plantings, plastic usually can be purchased in rolls from 6 to 12 feet wide and approximately 4000 feet in length. Size will vary by source. NEED MORE INFO!

### B. Disposal of Plastics

The disposal of plastic film after solarization presents an environmental pollution problem until such time that more material is used.

#### 1. Landfill

Though some plastic has been put into landfill many farmers are storing plastic on their own sites until recycling can be started.

#### 2. Recycling

At present there is no program to recycle plastics used in soil solarization. Attempts have been defeated by the difficulty of adequately cleaning dirt from the plastic. UV treated plastics that are 4 mil or more in thickness are usable for more than one season.

#### 3. Biodegradability

Efforts have been made to develop a plastic film that would degrade completely after use. Difficulty lies in getting one to degrade after a suitable or predictable amount of time.

### C. Changes in Plastic Technology

Polyethylene sheets may be modified by an additive that enables them to absorb infrared (IR) radiation and improve their capacity to retain heat. Though these are available they have not been very effective. Plastic films with color have become available to absorb light in the photosynthetic range to inhibit growth of weeds and at the same time heat the soil. These have been used experimentally but have not become commercially available except as bed liners at planting.

#### 1. High Density Plastics?

#### 2. Spray Mulch

Experimental work has been done using a sprayable polymer. Such a material would be easy to apply and inexpensive to use, but to date suitable chemicals have not been found and none are available.

#### 3. Double layers

The use of a double layer of plastic, with air space between the layers mimics the greenhouse effect and raises soil temperatures up to 10 degrees higher than that obtained with a single layer. Using a double layer requires additional preparation time and expense but it may make soil solarization more feasible in areas with marginal climates.

## IX. Conclusions

Soil solarization can control many soilborne pathogens and pests. The method is simple, safe, and effective. It leaves no toxic residues and can be easily used on a small or large scale. Large increases in plant growth, harvestable yield, and crop quality often occur in solarized soil and may continue for more than one growing season. The potential use of soil solarization for disease and pest control in California is great.

## X. Bibliography

Ashworth, L. J. And S.A. Ganoa. 1982. Use of clear polyethylene mulch for control of verticillium wilt in established pistachio nut groves. *Phytopathology* 72:243-246.

DeVay, J., J. Stapleton and C. Elmore, ed's. 1991. *Soil Solarization*. FAO Plant Production and Protection Paper 109. Rome: FAO.

Horowitz, M., Y. Regev, and G. Herzlinger. 1983. Solarization for weed control. *Weed Science* 31:170-179.

Katan, J., and J. DeVay. 1991. Soil Solarization. Boca Raton: CRC Press.

Pullman, G. S., J. E. DeVay, R. H. Garber, and A. R. Weinhold. 1981. Soil solarization for the control of *Verticillium* wilt of cotton and the reduction of soilborne populations of *Verticillium dahliae*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, and *Thielaviopsis basicola*. *Phytopathology* 71:954-959.



Table 1. Response of Some Pest Species to Soil Solarization

FUNGI

|  |                              |
|--|------------------------------|
| <i>Bipolaris sorokiniana</i>                               |                              |
| <i>Didymella lycopersici</i>                               | Ascochyta rot                |
| <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>conglutinans</i> race-5 | Fusarium wilt                |
| <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>fragariae</i>          | Fusarium wilt                |
| <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>        | Fusarium wilt                |
| <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>vasinfectum</i>        | Fusarium wilt                |
| <i>Pythium ultimum</i> , <i>Pythium</i> spp.               | Seed rot or seedling disease |
| <i>Phytophthora cinnamomi</i>                              |                              |
| <i>Plasmodiophora brassicae</i>                            | Club rot                     |
| <i>Pyrenochaeta lycopersici</i>                            | Corky rot                    |
| <i>Pyrenochaeta terrestris</i>                             | Pink rot                     |
| <i>Pythium myrothecium</i>                                 | Peanut pod rot               |
| <i>Rhizoctonia solani</i>                                  | Seed rot or seedling disease |
| <i>Sclerotinia minor</i>                                   |                              |
| <i>Sclerotium cepivorum</i>                                |                              |
| <i>Sclerotium oryzae</i>                                   | Stem rot                     |
| <i>Sclerotium rolfsii</i>                                  | Southern blight              |
| <i>Thielaviopsis basicola</i>                              |                              |
| <i>Verticillium albo-atrum</i>                             |                              |
| <i>Verticillium dahliae</i>                                | Verticillium wilt            |

BACTERIA

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| <i>Agrobacterium tumefaciens</i> | Crown gall |
| <i>Streptomyces scabies</i>      |            |

NEMATODES

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <i>Criconemella xenoplax</i>     |  |
| <i>Ditylenchus dipsaci</i>       |  |
| <i>Globodera rostochiensis</i>   |  |
| <i>Helicotylenchus digonicus</i> |  |
| <i>Heterodera schachtii</i>      |  |
| <i>Meliodogyne hapla</i>         |  |
| <i>Meliodogyne javanica</i>      |  |
| <i>Meliodogyne incognita</i>     |  |
| <i>Pratylenchus hamatus</i>      |  |
| <i>Pratylenchus penetrans</i>    |  |
| <i>Pratylenchus thornei</i>      |  |
| <i>Pratylenchus vulnus</i>       |  |
| <i>Tylenchulus semipenetrans</i> |  |
| <i>Xiphinema</i> spp.            |  |

WEEDS

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <i>Abutilon theophrasti</i> | Velvetleaf |
|-----------------------------|------------|

|                                    |                   |
|------------------------------------|-------------------|
| <i>Amaranthus albus</i>            | Tumble pigweed    |
| <i>Amaranthus retroflexus</i>      | Redroot pigweed   |
| <i>Amsinckia douglasiana</i>       | Fiddleneck        |
| <i>Avena fatua</i>                 | Wild oat          |
| <i>Brassica niger</i>              | Black mustard     |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i>     | Shepherd's purse  |
| <i>Chenopodium album</i>           | Lambsquarters     |
| <i>Convolvulus arvensis (seed)</i> | Field bindweed    |
| <i>Conyza canadensis</i>           | Horseweed         |
| <i>Cynodon dactylon (seed)</i>     | Bermudagrass      |
| <i>Digitaria sanguinalis</i>       | Large crabgrass   |
| <i>Echinochloa crusgalli</i>       | Barnyardgrass     |
| <i>Eleusine indica</i>             | Goosegrass        |
| <i>Lamium amplexicaule</i>         | Henbit            |
| <i>Malva parviflora</i>            | Cheeseweed        |
| <i>Montia perfoliata</i>           | Miner's lettuce   |
| <i>Orobanche ramosa</i>            | Broomrape         |
| <i>Oxalis pes-capre</i>            | Bermuda buttercup |
| <i>Poa annua</i>                   | Annual bluegrass  |
| <i>Portulaca oleracea</i>          | Purslane          |
| <i>Senecio vulgaris</i>            | Common groundsel  |
| <i>Sida spinosa</i>                | Prickly sida      |
| <i>Solanum nigrum</i>              | Black nightshade  |
| <i>Solanum sarrachoides</i>        | Hairy nightshade  |
| <i>Sonchus oleracea</i>            | Sow thistle       |
| <i>Sorghum halapense (seed)</i>    | Johnsongrass      |
| <i>Stellaria media</i>             | Common chickweed  |
| <i>Trianthema portulacastrum</i>   | Horse purslane    |
| <i>Xanthium pensylvanicum</i>      | Common cocklebur  |

B. Pathogens or pests partially controlled or resistant to soil solarization.

#### FUNGI

*Fusarium oxysporum* f. *Sp. opini*  
*Macrophomina phaseolina*  
*Plasmodiophora brassicae*

#### NEMATODES

*Meloidogyne incognita*  
*Paratylenchus neoamblycephalus*

#### BACTERIA

*Psuedomonas solanaceanin*

#### WEEDS

|                                     |                      |
|-------------------------------------|----------------------|
| <i>Convolvulus arvensis (plant)</i> | Field bindweed       |
| <i>Cynodon dactylon (plant)</i>     | Bermudagrass (plant) |
| <i>Cyperus esculentum</i>           | Yellow nutsedge      |
| <i>Cyperus rotundus</i>             | Purple nutsedge      |
| <i>Eragrostis sp.</i>               | Lovegrass            |
| <i>Malva niceansis</i>              | Bull mallow          |
| <i>Melilotus alba</i>               | White sweet clover   |
| <i>Sorghum halepense (plant)</i>    | Johnsongrass (plant) |

Table 2. Advantages and Disadvantages of Soil Solarization

### ADVANTAGES

1. Soil solarization is non-pesticidal and simple. There are no health or safety problems associated with its use and no registration is required. Crops produced are pesticide free and may therefore command a higher market price.
2. Soil solarization controls multiple soilborne diseases and pests including fungal diseases, weeds and nematodes.
3. Soil solarization selects for beneficial microorganisms which increase soil suppressiveness to disease.
4. Soil solarization tends to increase soil fertility. Increases in soluble NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, Ca, Mg, K, and soluble organic matter are common after soil solarization. Soil tilth may also be improved.
5. Soil solarization can speed up in-field composting of green manure.

### DISADVANTAGES

1. The use of soil solarization is restricted to climatic areas with warm to hot summers. In cooler coastal areas of California, it may only be effective in greenhouses.
2. Land must be taken out of production for four to six weeks during the summer. This will not fit in with some cropping cycles and it may be especially difficult for those using a small amount of land intensively.
3. There are a limited number of retail outlets for plastics. UV resistant plastics may be difficult to obtain in small amounts.
4. The disposal of large amounts of plastic presents a problem. Currently it cannot be recycled.
5. Some pests are not controlled or are difficult to control with soil solarization.
6. When the plastic sheets are applied in strips there is no pest control in the furrows between the strips.

## EFFECTO DE LA SOLARIZACION SOBRE LOS NEMATODOS PARASITOS DE PLANTAS

Emilio Fernández

Los nemátodos, tanto ectoparásitos como endoparásitos son causantes de pérdidas en los cultivos agrícolas, debido a los daños que causan en las raíces, tubérculos e incluso partes foliares, los cuales repercuten en la calidad y cantidad de los productos agrícolas.

De acuerdo a Sasser y Freckman (1987) entre los cultivos más afectados se encuentran banano (19,7%), cafeto (15%), tomate (20,6%), tabaco (14,7%), así como las hortalizas en general (12-20%).

Para su combate se utilizaron distintas medidas que son de carácter legal, agrotécnico, físico, químico y biológico, cuyo funcionamiento armónico bajo la óptica del Manejo Integrado, constituye la vía más racional.

La solarización como método ambientalmente sano de control de plagas del suelo, constituye una alternativa de lucha contra los nemátodos parásitos de las plantas.

Dada las necesidades básicas de suelo suelto, preferiblemente acanterado, húmedo y casi listo para sembrar, es considerado de buena utilidad para semilleros o viveros de plantas susceptibles, teniendo en cuenta además que las plántulas obtenidas en esta fase deben estar libres de otros patógenos del suelo, sobre los cuales el método ejerce un buen control.

El objetivo del presente trabajo es brindar una panorámica de los efectos obtenidos por la solarización sobre diferentes especies de nemátodos parásitos en varios tipos de condiciones, así como señalar algunas reflexiones al respecto.

### **Análisis del efecto de la solarización sobre los nemátodos fitoparásitos**

En la tabla 1 se exponen más de 20 ejemplos de uso de la solarización para el combate de nemátodos, que comprenden el período 1979-1993.

La mayor cantidad de informes de trabajos realizados con nemátodos de las plantas están referidos al uso de láminas de polietileno transparente y se encuentran relacionados con las especies de *Meloidogyne*, consideradas como las más importantes a los cultivos, en las condiciones bajo las cuales el método de solarización puede ser más efectivo. Los resultados obtenidos varían entre pobres resultados (Overmann y Jones, 1988), medianamente efectivos (Cenis, 1985; Ammati et al, 1990; Cartia et al, 1990) y de buena efectividad (Greco et al, 1985; Raymundo et al, 1988; Zaid-Ali et al, 1990; Acosta y Cuadras, 1991; Fernández et al, 1991), estos últimos optimizados con otras medidas dentro de programas de MIP (Osman, 1990; Nasr Estehani, 1991; Fernández et al, 1993).

Las especies de *Pratylenchus* (*P. penetrans* y *P. thornei*) han revelado una mortalidad moderada entre 50 y 66% (Greco et al, 1990; Di Vito et al, 1991), mientras que con *Ditylenchus dipsaci*,

otra especie de importancia agrícola, han sido logradas disminuciones superiores al 90% (Greco et al, 1985) o resultados erráticos, con mejores efectividades al combinarse con desechos de trigo (Greco et al, 1992).

Con los nemátodos formadores de quistes de los géneros *Globodera* y *Heterodera* se presentan fuertes variaciones que incluyen malos resultados negativos como con *Heterodera carotae* (Greco et al, 1985) hasta resultados de gran impacto con esta misma especie cuando se combina con 1,3 D ó dazomet en dosis reducidas (Greco et al, 1992) o en *Globodera rostochiensis* (La Mondía y Brodie, 1984). En *H. ciceri* se obtuvo un aceptable control (Di Vito et al, 1991).

En *Rotylenchulus reniformis* se informan reducciones considerables de la infestación que ascienden al 90% (Mc Sorlay y Parrado, 1986; Heald y Robinson, 1987), mientras que en especies ectoparásitas como *Macroposthonia xenoplax* y *Tylenchorhynchus sp.* han sido obtenidas disminuciones más moderadas (Porter y Merriman, 1983; Zaid-Ali et al, 1990).

Las especies de nemátodos con posibilidades de transmitir virus, son sensiblemente disminuidas con la solarización del suelo. De esta forma en *Paratrichodorus christiei*, *P. lobatus*, *P. minor* y *Trichodorus sp.* se han observado reducciones superiores al 80% (Overman y Jones, 1986; Barbechek y Vam Boebaen, 1986; Zaid-Ali et al, 1990).

Referente al tiempo de exposición, se coincide en señalar que el período del año con las temperaturas más calientes es el adecuado, aunque varía en dependencia de la ubicación geográfica del país. La duración de la exposición tiene diferentes consideraciones, así con *Meloidogyne spp.* el tiempo de 6 semanas como mínimo es el más uniforme en la obtención de los mejores resultados, aunque Overman y Jones (1988), aún con 8 semanas, no lograron una reducción de estos nemátodos. Este mismo tiempo se informa como efectivo contra otras especies, excepto en los casos de *Ditylenchus dipsaci* y los nemátodos formadores de quistes *Heterodera* y *Globodera*, que requieren 8 y hasta 10 semanas (Siti et al, 1982; LaMondia y Brodie, 1984; Di Vito et al, 1991; Greco et al, 1992).

El uso de la solarización junto con otros métodos de lucha para combatir nemátodos, ha brindado buenos resultados inclusive mejorando los obtenidos cuando se aplican por separado. Por ejemplo, su combinación con nematicidas, en dosis reducidas o no, se informa contra *Meloidogyne* (Osman, 1990; Cartia et al, 1990), *Heterodera carotae* y *Ditylenchus dipsaci* (Greco et al, 1992), mientras que la mezcla con abonos orgánicos frente a *D. dipsaci* (Greco et al, 1992) y *M. javanica* (Nasr Essfehni, 1993) ha resultado igualmente exitosa.

Nuestra experiencia en la combinación de métodos con la solarización, señala la posibilidad de obtener notables reducciones de los niveles de infestación de *M. incognita*, mediante la realización previa de labores de inversión del substrato o suelo, con el objetivo de llevar a la superficie la mayor cantidad de parásitos (Fernández et al, 1991, 1993) y con la aplicación de gallinaza como materia orgánica (Fernández et al, 1994 datos no publicados).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La solarización del suelo o substratos donde se van a desarrollar cultivos susceptibles a

nemátodos, constituye una buena alternativa de control de varias especies importantes, principalmente para áreas pequeñas.

2. Para obtener buenas efectividades se debe aplicar de forma correcta, lo que incluye fecha óptima (meses más calientes del año), período de exposición, preparación del terreno, siendo posible su optimización, mediante la combinación con otras medidas como dosis reducidas de nematicidas, enmiendas orgánicas e inversión del suelo o sustrato, todo lo cual permite su armonización en sistemas de Manejo Integrado.

3. Debe valorarse localmente en dependencia de los nemátodos, así como de otros patógenos del suelo las mejores combinaciones, no obstante recomendamos las siguientes opciones:

*Meloidogyne*: Sistema I. Solarización 6 semanas  
 Sistema II Solarización 6 semanas + BrM (dosis reducida)  
 Sistema III Solarización 6 semanas + gallinaza  
 Sistema IV Solarización 6 semanas + inversión previa sustrato

*Globodera*: Sistema I Solarización 8-10 semanas

*Heterodera*: Sistema II Solarización 6 semanas + nematicida dosis reducida

*D. dipsaci*: Sistema I Solarización 8 semanas

Sistema II Solarización 8 semanas + desechos de trigo

**Tabla 1. Efecto del uso de la solarización para el combate de nemátodos parásitos**

| Especie nemátodo            | Cultivo | País   | Característica   | Referencia             |
|-----------------------------|---------|--------|--|------------------------|
| <i>Pratylenchus thornei</i> | papa    | Israel | Incremento rendimiento.35%<br>Reducción de <i>Verticillium dahliae</i> | Grinstein et al (1979) |

|  |                           |                  |   |                                 |
|--|---------------------------|------------------|---|---------------------------------|
| <i>Ditylenchus dipsaci</i>   | ajo                       | Israel           | 8 semanas. Suelo altamente infestado. Rendimientos superiores a BrM t EDB   | Siti et al (1982)               |
| <i>Macroposthonia xenoplax</i><br><i>Meloidogyne javanica</i><br><i>Pratylenchus penetrans</i><br><i>Tylenchulus semipenetrans</i> | suelo                     | Australia        | 4 y 6 semanas. Alta mortalidad. <i>T. semip.</i>  | Porter y Merrimam (1983)        |
| <i>Globodera rostochiensis</i>   | suelo                     | EE.UU.           | 10 semanas. Reducción poblaciones naturales 96-98% y quistes hasta 10 cm. Manta negra solo superficial  | La Mondia y Brodie (1984)       |
| <i>Meloidogyne javanica</i>  | suelo                     | España           | 5 semanas. Reducción 64% BrM 100%   | Cenis A. (1985)                 |
| <i>D. dipsaci</i> ,<br><i>Heterodera carotae</i> y <i>M. javanica</i>  | suelo                     | Italia           | <i>D. dipsaci</i> 98% reducción - 8 semanas<br><br><i>H. carotae</i> -24% eclosión- 8 semanas<br><i>M. javanica</i> -41-79% de población inicial en 6-8 semanas | Greco et al (1985)              |
| <i>M. incognita</i> ,<br><i>Paratrichodorus christiei</i>  | tomate                    | EE.UU.           | 8 semanas. Incremento rendimiento 25%. Redujo marchitamiento de <i>Verticillium</i>   | Overman y Jones (1986)          |
| <i>Paratrichodorus lobatus</i> y <i>P. minor</i>   | suelo                     | Rep. Sudafricana | 6 semanas. Reducción hasta 100%   | Barbechek y Von Boeubaen (1986) |
| <i>Rotylenchulus reniformis</i>  | suelo en canteros         | EE.UU.           | 9 semanas. 90% reducción  | Mc Sorley y Parrado (1986)      |
| <i>R. reniformis</i>   | lechuga, chícharo de vaca | EE.UU.           | 4-8 semanas. Reducción hasta 90% 0-15 cm  | Heald y Robinson (1987)         |
| <i>Meloidogyne spp.</i>  | tomate                    | EE.UU.           | 8 semanas. No reducción de nemátodos. No mejora rendimientos  | Overman y Jones (1988)          |
| <i>M. incognita</i>  | papa (almácigos)          | Perú             | 3-6 semanas. Doble cobertura de plástico más de 70% control y aumento rendimiento. Menor ataque de <i>Rhizoctonia</i> .   | Raymundo et al (1988)           |

|  |                                       |           |  |                         |
|--|---------------------------------------|-----------|--|-------------------------|
| <i>Pratylenchus thornei</i>  | chickpea                              | Siria     | 6-8 semanas. Reducen 50% población y aumentan rendimiento  | Greco et al (1990)      |
| <i>Meloidogyne spp.</i>  | tomate + otros cultivos inter cosecha | Egipto    | Incluido dentro de control integrado. Dos exposiciones de 15 días c/u antes del cultivo principal. Resultados óptimos combinado con nematicidas.   | Osman (1990)            |
| <i>M. javanica</i>   | suelo a campo abierto y casa plástica | Marruecos | 4 semanas. Densidad de nemátodos se redujo en 64% en casa plástica y 59% a campo abierto.  | Annati et al (1990)     |
| <i>Meloidogyne sp. (M), Tylenchorhynchus sp (T), Trichodorus sp (Tr)</i> | suelo                                 | Libia     | 4-6 semanas, redujeron M-66-100%, T-50-80% y Tr. 81-87%  | Zaid et al (1990)       |
| <i>Meloidogyne spp.</i>  | berenjena (casa plástica)             | Italia    | 4-7 semanas. Reducción mayor a 50%. Buenos efectos en combinación con dosis bajas de BrM.  | Cartia et al (1990)     |
| <i>Heterodera ciceri, Pratylenchus thornei</i>                           | garbanzo                              | Siria     | 6-8 semanas. 60-71% reducción de <i>H. ciceri</i> . 53-66% reducción de <i>P. thornei</i> . Mayor rendimiento en 8 semanas similar a aldicarb  | Di Vito et al (1991)    |
| <i>Meloidogyne spp.</i>  | suelo, cafeto (viveros)               | Cuba      | 4-8 semanas. Disminución de infestación en dependencia del suelo. Suelo pardo >75% con 45 días. Suelo Aluvial >90% con 30 días   | Acosta y Cuadras (1991) |
| <i>M. incognita</i>  | suelo, tabaco (semilleros)            | Cuba      | 4-6 semanas. Período óptimo en Cuba julio-agosto. Preparación del suelo. 4 semanas suficiente para malezas (excepto <i>Cyperus rotundus</i> ) y <i>Phytophthora infestans</i> var. <i>nicotianae</i> . 6 semanas para nemátodos. | Fernández et al (1991)  |
| <i>Heterodera carotae, Ditylenchus dipsaci</i>                           | zanahoria, cebada                     | Italia    | 8 semanas. Solarización más dosis reducida de 1,3 D o dazonet cerca 90% reducción de <i>H. carotae</i> . <i>D. dipsaci</i> resultados erráticos, mejor combinación con desechos de   | Greco et al (1992)      |



|                     |   |      |  |                                 |
|---------------------|---|------|--|---------------------------------|
|                     |   |      | trigo  |                                 |
| <i>M. incognita</i> | papa (tubérculos de semilla)  | Perú | 6 semanas. Doble cobertura. Reducción de número de tuberculillos infectados y mayor peso. Menos daños causados por hongos del suelo.           | Delgado de la Flor et al (1993) |
| <i>M. javanica</i>  | pepino  | Irán | 4 semanas. Empleo combinado con abono de corral. Solarización sola- 38% R, abono sol 49% R., combinación 83% R.                                | Nasr Esfehiani (1993)           |
| <i>M. incognita</i> | Sustratos no tradicionales de hortalizas (suelo + materia orgánica) | Cuba | 4-6 semanas. 6 semanas reduce en 87,5% nivel de infestación combinada con inversión del sustrato.  | Fernández et al (1993)          |
| <i>M. incognita</i> | tabaco (semillero)  | Cuba | 4-6 semanas en suelo arenoso. 6 semanas llevó infestación de nemátodos a niveles no detectables. Se reducen malezas excepto <i>C. rotundus</i> | Pérez et al (1993)              |

## BIBLIOGRAFIA

Acosta Oneida y R. Cuadras (1991). Efecto del método d solarización sobre las poblaciones de nemátodos noduladores en viveros de cafeto. En: Informe de Resultado "Establecimiento de métodos de lucha efectivos para el control de nemátodos del género *Meloidogyne* en el cafeto". INISAV. 21 pp.

Ammati, M., R. Laaguiby y A. Dliou (1990). Soil solarization to control root-knot nematodes. Abst. of First Int. Conf. on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman- Jordan.

Barbechack. M.E. y J.J. Von Boeuboen (1986). Effects of soil solarization on plant parasitic nematodes and *Phytophthora cinnamoni* in South Africa. Plant Disease 70 (10): 945-1950.

Cenis Amadon, J.L. (1985). Control del nemátodo *Meloidogyne javanica* (Treub) Chit. mediante calor solar (solarización). INIA Anals Serie Agrícola. 28: 121-130.

Delgado de la Flor, R., R. Echegaray, P. Jatala y R. Cabello (1993). Control de *Meloidogyne incognita* por solarización en camas de producción de semilla de papa a partir de semilla sexual en los campos de agricultores. Nematropica 23 (2): 114.

Di Vito, M., N. Greco y M.C. Saxena (1991). Effectiveness of soil solarization for control of *Heterodera ciceri* and *Pratylenchus thornei* on chickpea in Syria. Nematología Mediterránea. 19 (1): 109-111.

Fernández, E., R. Labrada, Ana Fernández, R. García y Miriam Sánchez (1991) a. Efectividad técnico-económica de la solarización como método alternativo de control de plagas del suelo. Informe VII Fórum de Ciencia y Técnica. Ciudad Habana. Cuba 15 pp.

Fernández, E., R. Hernández, Ana Fernández y R. García (1993). Evaluación de la solarización en sistemas no tradicionales de cultivos (hidropónicos y organopónicos). Informe Interno INISAV. Ciudad Habana. Cuba. 10 pp.

Greco, N., A. Brandonisio y E. Elia (1985). Control of *Ditylenchus dipsaci*, *Heterodera carotae* and *Meloidogyne javanica* by solarization. Nematol. Medit. 13 (2): 191-192.

Greco, N., M. Di Vito y M.C. Saxena (1990). Soil solarization for control of *Pratylenchus thornei* on chickpea in Syria. Abstracts of First. Int. Conference on Soil Solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman-Jordan.

Greco, N., T. D. Addabbo, V. Stea y A. Brandonisio (1992). The synergism of soil solarization with fumigant nematicides and straw for the control of *Heterodera carotae* and *Ditylenchus dipsaci*. Nematología Mediterránea. 20 (1): 25-32.

Grinstein, A., D. Orion, A. Greenberg y J. Katan. 1979. Solar heating of the soil for the control of *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus thornei* in potatoes. En: Soilbone Plant Pathogens pp. 431-438 ed. B. Schippers, W. Grms. London, N.York, S.Francisco Ac. 686 pp.

Heald, C. M. y A. F. Robinson (1987). Effects of soil solarization on *Rotylenchus reniformis* in the Lower Rio Grande Valley of Texas. Journal of Nematology 19 (1): 93-103.

La Mundia, J.A. y B. B. Brodie (1984). Control of *Globodera rostochiensis* by solar heat. Plant Disease 68 (6): 474-476.

Mc Sorley, R. y J.L. Parrado (1986). Application of soil solarization to Rockdale soils in a subtropical environment. Nematropica 16 (2): 125-140.

Nasr Esfehiani, M. (1993). Integrated control of root-knot nematodes in Esfehiani. Abst. of 6th. Int. Congress of Plant Pathology. Montreal, Canadá. July 28 - August 6.

- Osuan, A.A. (1990). The role of soil solarization in the scope of *Meloidogyne spp.* integrated control under sandy soil condization. 19-35 Feb. 1990. Amman. Jordan.
- Overman, A.J. y J.P. Jones (1986). Efficacy of soil solarization in full bed mulch culture of tomato. Abstracts of 25.
- Overman, A.J. y J.P. Jones (1988). Solarization and fumigation for tomato in sandy soil. (Abstract). *Nematropica* 18 (1): 16.
- Pérez, M.,E. Fernández, María E. Benítez, I. Machado (1993). Método de solarización para el control de nemátodos y malezas en semilleros de tabaco y hortalizas. Trabajo de Diploma. Instituto Politécnico de Agronomía. Pinar del Río. Cuba. 13 pp.
- Porter, I.J. y P. R. Merriman (1983). Effect of soil solarization on nematodes and fungal pathogens at two sites in Victoria. *Soil Biology and Biochemistry* 15 (1): 39-44.
- Raymundo, S., R. Salas y J. Alcázar (1988). Solarización y algunos pesticidas para el control de *Meloidogyne incognita* en almácigos. (Abstract.). *Nematropica* 18 (1): 18.
- Sasser, J.N. y D.W. Freckman (1987). A world perspective on Nematology: The role of the Society pp. 7-14. En: *Vistas on Nematology*. J.A. Veech and D.W. Dickson (Eds.). Society of Nematologists Inc. Hyatsville. Maryland. USA.
- Siti, E., E. Cohn, J. Katan y M. Mordechai (1982). Control of *Ditylenchus dipsaci* in garlic by bulb and soil treatments. *Phytoparasitica* 10 (2): 93-100.
- Zaid, Ali, M., W. Ismail, A. Khader y M. Mayof (1990). Control of soil borne pathogens with soil solarization in the southern region of Libyan Jamahiriya. Abst. of First. Int. Conference on soil solarization. 19-25 Feb. 1990. Amman-Jordan.

## CONDICIONES NECESARIAS PARA LOGRAR EFICIENCIA EN LA TECNICA DE DESINFECCION SOLAR DEL SUELO (SOLARIZACION)

Daniel Munro Olmos

La necesidad de incrementar la eficiencia en las medidas fitosanitarias empleadas actualmente en la producción de hortalizas, ha originado el desarrollo de técnicas que permiten la utilización de fuentes primarias de energía. Estas fuentes como la energía solar, pueden ser utilizadas de manera práctica en ciertas latitudes y en condiciones climáticas favorables, para la esterilización del suelo en el control de malezas, nemátodos y ciertos patógenos causantes de enfermedades radiculares en plantas de cultivo. Así, Katan (1976) en Israel, establece los principios y bases teórico prácticas para el uso de la técnica denominada como: "Calentamiento Solar del suelo", "Desinfección Solar del Suelo" o "Solarización"; Katan mencionado por Stapleton (1985), describe también algunos factores involucrados en la eficiencia de la técnica como son: **Preparación del suelo, características del suelo, tipo de material plástico y características, régimen de radiación solar; especies de organismos a controlar y permanencia de plástico en el suelo;** De ésta manera, en el presente trabajo se pretende establecer un breve resumen de los aspectos considerados por éstos autores y mencionar las experiencias mas importantes obtenidas en México en 10 años de estudios en el desarrollo de

### PREPARACION DEL SUELO

La absorción de la radiación por el suelo y consecuentemente el calentamiento del mismo es mayor, si la película de plástico se encuentra estrechamente unida al suelo con un mínimo de espacio entre el plástico y el suelo, para evitar el efecto aislante de la capa de aire. Para que esto suceda, es importante hacer una buena preparación del suelo. Básicamente, se debe evitar la formación de terrones grandes que se generan con la utilización de la maquinaria en condiciones de suelo húmedo; por otra parte se debe procurar realizar una nivelación del terreno en los casos donde sea posible.

### CARACTERISTICAS DEL SUELO

La mayoría de los autores coinciden en que los suelos oscuros absorben más radiación que los suelos claros; esto explica en parte las diferencias en temperaturas detectadas en algunos suelos que se encuentran bajo una misma condición climática.

### HUMEDAD DEL SUELO

Los suelos húmedos, ya sea irrigados antes o después de la colocación del plástico incrementan la sensibilidad térmica de la microflora y microfauna del suelo así como la transmisión o movimiento del calor en el suelo. En las experiencias de investigación llevadas a cabo en México se han encontrado deficiencias de control de malezas y hongos del suelo hasta de un 40% entre el acolchado de suelos secos y los acolchados de suelos húmedos.

### Tipo y grosor del plástico

Los plásticos cristalinos o transparentes muestran el mayor porcentaje de transmitancia en el espectro visible y en el infrarrojo corto de la radiación solar que en términos generales son las longitudes de onda que más contribuyen al calentamiento de los suelos; por otra parte, los plásticos

oscuros tienden a absorber un gran porcentaje de la radiación y debido a esto el suelo se calienta menos y el material plástico se calienta más; los plásticos claros, metálicos o brillantes reflejan la radiación y evitan que llegue al suelo consecuentemente son los que menos proporcionan calor al suelo. En lo que se refiere a espesores o grosores de plásticos la mayoría de las experiencias en solarización nos indican que los plásticos más delgados son más eficientes que los plásticos gruesos debido a que se adhieren mejor a la superficie del suelo y evitan la presencia de bolsas de aire que ocasionarían el enfriamiento del mismo (Munro et-al 1993).

En lo que se refiere a experiencias en México en investigaciones acerca del uso de polietilenos transparentes de diferentes grosores Munro 1993 menciona que plásticos del calibre 80, 100 y 120 son muy eficientes para calentar el suelo pero se fracturan en poco tiempo y no resisten el manejo en cultivos acolchados, así mismo estos autores encontraron, que los plásticos de calibre 150 son también eficientes para incrementar la temperatura del suelo y resisten el tiempo suficiente para lograr cosechar cultivos hortícolas. Así mismo se ha encontrado que los plásticos cristalinos sin aditivos ni pigmentaciones son eficientes para un buen calentamiento del suelo.

#### TIPO DE ESPECIES PRESENTES

La mayor parte de la información bibliográfica que existe a nivel internacional (Egley 1983, Rubin 1984, Munro y Tucuch 1985) establece que la técnica de solarización en lo que se refiere a control de malezas presenta las siguientes características: a) Controla plantas parásitas, b) Muestra control sobre gran cantidad de especies anuales y c) Tiene deficiencias en control de especies perennes con rizomas o bulbos a cierta profundidad del suelo. Este último inciso se explica, debido a que en general los suelos son buenos receptores de energía, pero son pobres transmisores de la misma. Las experiencias obtenidas en diez años de investigación en solarización en México nos muestran que:

En condiciones de baja radiación solar el uso intensivo de solarización puede favorecer la predominancia de especies de malezas con ligera tolerancia o mediana resistencia a los incrementos de temperatura del suelo.

En términos generales se han observado marcadas deficiencias en control de Gramineas y Ciperaceas perennes que normalmente tienen mecanismos de reproducción vegetativa.

En la mayoría de las especies anuales se tienen excelentes resultados de control en condiciones de alta intensidad de la radiación solar.

En lo que respecta al control de hongos fitopatógenos, la mayoría de los autores coinciden en que estos microorganismos son más susceptibles que las malezas a los incrementos de la temperatura del suelo; el problema reside entonces, en la profundidad del suelo a la que se desea tener control de estos agentes, debido a la pobre conducción del calor que en general muestran los suelos, y consecuentemente la dificultad de calentar zonas profundas del suelo; en lo que se refiere a las experiencias obtenidas en México en el control de enfermedades fungosas radiculares de cultivos hortícolas mediante solarización, se puede concluir que: a) no se han observado deficiencias en control de las especies estudiadas y b) se observó que se requiere menos intensidad de la radiación solar para reducir el potencial biótico de hongos fitopatógenos en relación a las necesidades de

radiación solar para controlar malezas.

### REGIMEN DE RADIACION SOLAR

Uno de los factores que mayor impacto van a mostrar sobre la eficiencia de la técnica de solarización es, sin lugar a dudas la cantidad de radiación solar disponible en una región; en forma general se puede establecer que a mayor intensidad de la radiación solar se obtiene una mayor temperatura del suelo y consecuentemente se puede esperar una drástica reducción en los niveles de población de semillas viables de malezas y de hongos fitopatógenos. Por otra parte la intensidad de la radiación solar varía con la latitud, con la época del año y con las condiciones climatológicas prevalecientes; las experiencias obtenidas en México en diez años de investigación en solarización, en relación a los efectos de la radiación solar sobre el comportamiento de esta técnica se pueden resumir de la manera siguiente:

En climas cálidos semisecos (BS1 y BS0) y en cálidos subhúmedos (AW0), en la mayor parte del año se tiene la suficiente energía de radiación solar para incrementar la temperatura del suelo por encima de los 50°C y a estos incrementos de temperatura han sido suficientes para reducir los niveles de población de malezas y hongos fitopatógenos de acuerdo a los modelos de predicción contruidos (Munro et-al 1993).

En climas cálidos húmedos y los más húmedos de los subhúmedos (AW1 y AW2) no se tiene la suficiente energía de radiación para usar la solarización del suelo.

Como resultado de varios años de investigación en México, a la fecha se tienen modelos que nos permiten predecir el comportamiento de la temperatura del suelo a diferentes condiciones de radiación solar, y de manera práctica estos modelos nos dicen que: "En regiones o épocas del año en donde se tengan regímenes de radiación por encima de los 550 langleys/día se pueden esperar temperaturas máximas del suelo por encima de los 50°C"; así mismo se tienen modelos probabilísticos que nos muestran los efectos de las temperaturas alcanzadas en suelos acolchados sobre las poblaciones de malezas y de hongos causantes de enfermedades de la raíz de cultivos hortícolas; en términos generales estos modelos establecen efectos estimulantes sobre las poblaciones de malezas hasta 43°C de temperatura del suelo y efectos depresivos sobre estas poblaciones de 43°C a 50°C; así, en suelos acolchados en que se alcancen temperaturas por encima de los 50 °C se tendrán excelentes resultados de control de malezas y hongos fitopatógenos.

### TIEMPO DE PERMANENCIA DEL PLASTICO EN EL TERRENO

En la mayor parte de las investigaciones realizadas se establece una correlación positiva entre el tiempo del acolchado del suelo con plástico y los porcentajes de control obtenidos tanto en malezas como en microorganismos e insectos del suelo; Así, se reporta que cuando se desea controlar malezas que emergen de zonas profundas del suelo se requieren períodos amplios de solarización ( de 4 semanas o más); por otra parte de las experiencias obtenidas a través de varios años de investigación en México, se puede concluir que en condiciones de intensa radiación solar, se requiere únicamente de 10 a 15 días de solarización para una desinfección adecuada del suelo; también se ha observado que si se tienen deficientes condiciones de radiación se pueden presentar efectos estimulantes con serios problemas de malezas que se desarrollan vigorosamente bajo el

plástico independientemente del período de permanencia del plástico en el terreno.

### CONCLUSIONES

De los conceptos anteriormente mencionados se puede resumir que el éxito de la técnica de solarización dependerá fundamentalmente de que se tengan condiciones climáticas apropiadas, de que se utilice el material plástico apropiado (transparente, delgado y resistente), de que se tenga una buena preparación del suelo, que el suelo esté húmedo (riego oportuno) y que en el complejo de malezas exista dominancia de malezas anuales.

Por otra parte los problemas que se deben resolver para la aplicación de la técnica de desinfección solar del suelo se pueden sintetizar en los siguientes aspectos: a) Tener técnicas de recuperación y reciclaje de los materiales plásticos, b) Fomentar la fabricación de máquinas acolchadoras para reducir los costos de aplicación del plástico en el terreno, c) Inclusión de la práctica de solarización en programas de manejo integral de plagas enfermedades y malezas y d) Familiarizar a las comunidades de productores agrícolas con el uso de estas innovaciones tecnológicas.

### LITERATURA CONSULTADA

Rubin B. & A. Benjamin. 1984. Solar heating of the soil: Involvement of Environmental Factors in the Weed Control Process. *Weed Sci.* 1984 VOL 32: 138-142.

Egley G.H. 1983. Weed seed and seedling reductions by soil solarization with transparent polyethylene sheets. *Weed Sci.* 31: 404-409

Katan J., A. Greenberger, A. Grintein, H. Alon, A. Grinstein. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-born pathogens. *Phytopathology* 66:683-88.

Katan J. 1981. Solar heating (Solarization) of Soil for Control of Soil Borne Pests- *Ann. Review Phytopathology.* 1981. 19:211-36.

Munro D., J. Vidales, A. Vega, J. Javier, F. Arias, J.J. Alcantar. 1993. Consideraciones sobre el control de malezas y enfermedades del suelo mediante el uso de energía solar en cultivos hortícolas. Publicación Especial No.2 del campo experimental forestal y agropecuario del Valle de Apatzingan. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, SARH. Noviembre 1993.

Stapleton J.J. & J.E. De Vay. 1985. Soil Solarization: A Non-Chemical Approach for Management of Plant Pathogens and Pests. *Crop Protection* 5:190-198.





## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CONCLUSIONES**

Los participantes del taller regional de solarización del suelo reconocieron unánimemente que:

1. El método de solarización es una técnica efectiva y ambientalmente compatible para el combate de diversas plagas de suelo siempre que se aplique en las épocas adecuadas del año a fin de garantizar la radiación solar y calor requerido. La técnica de solarización también contribuye a un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas cultivables.
2. En Países como Costa Rica, Cuba, El Salvador y Guatemala se poseen resultados positivos de investigación en el tópico de solarización, mientras que en México esta técnica está ya implantada y extendida a varias áreas de cultivo.
3. En Nicaragua y República Dominicana no existe aun experiencia en la práctica de solarización, mientras que en Honduras los datos existentes aun requieren de mayor validación a nivel de experimentación.
4. La técnica de solarización del suelo se presenta como una alternativa viable para sustituir o reducir las aplicaciones de plaguicidas químicos dirigidas para el control de organismos nocivos del suelo, particularmente del bromuro de metilo u otros desinfectantes del suelo, por lo que su aplicación reduciría los riesgos de daños al ambiente y al ser humano.
5. En la región existe una seria limitante de información sobre solarización del suelo. EL presente taller regional de solarización contribuyó a proporcionar una base común de conocimientos y datos obtenidos en la región y en otras partes del mundo, sobre la cual se podrá desarrollar un programa de investigación y transferencia de la técnica de solarización a los países de la región, todo ello enmarcado dentro de los esfuerzos que se realizan en la promoción del MIP.

## **RECOMENDACIONES**

Sobre la base de las anteriores conclusiones, el taller entendió oportuno presentar las siguientes recomendaciones:

1. Iniciar y desarrollar un programa vasto de investigación aplicada en solarización en los países con poca o ninguna experiencia.

El programa se podrá desarrollar dentro del marco de la cooperación técnica entre países en desarrollo de la FAO (TCDC). Expertos de la región visitarían los países a fin de dar la consultoría requerida sobre detalles de la técnica de solarización y definir el programa de ensayos de campo a desarrollar en lo sucesivo.

2. En los países que ya poseen experiencia sobre la aplicación de solarización se debe proceder a desarrollar un programa de transferencia de esta tecnología al agricultor. Este programa de transferencia debe abarcar la realización de demostraciones de campo, capacitación a extensionistas agrícolas, oficiales fitosanitarios y agricultores, y el desarrollo de una intensa campaña de divulgación.

La transferencia deberá abarcar dos elementos básicos: la demostración del método a nivel de áreas pilotos y el desarrollo de una campaña de divulgación que describa las ventajas del método. De nuevo, aquí será indispensable la consultoría de los expertos en solarización en los países de la región que así lo requieran.

3. Para lograr éxitos inmediatos en el proceso de investigación y transferencia del método de solarización del suelo, se deberá desarrollar una estrecha colaboración entre las instituciones técnicas involucradas de los países de la región, así como la creación de una red de información en materia de solarización.

4. A los efectos de mantener una actualización en los resultados obtenidos en solarización del suelo en la región se deberán organizar y desarrollar seminarios o talleres sobre el tópico con determinada regularidad.

5. El apoyo de las autoridades de los Ministerios de agricultura de los países, instituciones afines, organismos internacionales y de los donantes de la comunidad internacional es esencial para el mejor desarrollo del programa previsto de investigación y transferencia en solarización del suelo. A tales efectos los organismos e instituciones antes indicados deberán ser regularmente informados sobre el progreso alcanzado en materia de solarización por parte de los centros que realizan el programa en cada país.

6. Se reconoció el papel jugado por la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO) en la promoción de la técnica de solarización del suelo y se recomendó contar con el apoyo y la asistencia técnica de este organismo en el desarrollo y ejecución de las actividades propuestas de investigación aplicada, transferencia y colaboración en materia de solarización en la región.

## LISTA DE PARTICIPANTES

### **COSTA RICA**

Franklin Herrera Murillo  
Profesor de Patología Vegetal  
Universidad de Costa Rica  
Apdo. 1834050, Alajuela  
Teléfono: 433-8284  
Fax: 433-9086  
E-mail: [fherrera@ucr.ac.cr](mailto:fherrera@ucr.ac.cr)

### **CUBA**

Emilio Fernández Gonzalvez  
Fitonematólogo del Instituto Investigaciones  
Sanidad Vegetal  
Calle 110 y 5aB. Miramar Playa  
Ciudad Habana  
Teléfono: (00537) 293683, 296189, 330535  
Fax: 330535

### **REPUBLICA DOMINICANA**

Juan Agustin Medina Santos  
Contraparte nacional en Sanidad Vegetal  
Proyecto TCP/DOM/4451  
Calle Beller, Edificio Cámara de Comercio  
#12  
Puerto Plata  
Teléfono: 320-8205-586-2405

### **EL SALVADOR**

Jaime E. Ayala Moran  
Centro de Desarrollo Tecnológico de Izalco  
CENTA-MAG, Talcomunca, Sonsonate  
Teléfono 451-7518  
Fax: 451-0497

### **ESTADOS UNIDOS DE AMERICA**

Clyde Elmore  
Weed Science Program, University of  
California  
1130 Westfield Ter. Davis, California  
CA 95616  
Teléfono: 916-752-0612  
Fax: 916-752-4604  
E-mail: [clemore@ucdavis.edu](mailto:clemore@ucdavis.edu)

### **GUATEMALA**

Luis Felipe Calderón Bran  
Investigador en fitopatología,  
Protección Vegetal, ICTA  
Km. 22.5 carretera al Pacífico, Barcenás,  
Villa Nueva, .  
Teléfono:312009  
Fax:312008

Roberto Bran  
Olefinas, S.A.  
1a. Calle 2-01, Zona 6, Villas Nueva  
Apartado Postal No. 48  
Teléfono: (502) 9-31-0136, 9-310-186  
Fax: (502) 9-310-917

Jorge Luis Sandoval Sandoval  
Especialista de Extensión  
DIGESA, Los Aposentos  
Chimatenango  
Teléfono: 0391883

### **HONDURAS**

Juan Carlos Rodríguez Rivera  
EAP, Departamento de Agronomía  
El Zamorano  
Apartado Postal No. 93  
Teléfono:(504) 7661-40/50  
Fax: (504) 76-6240

Hernando Enrique Domínguez Castro  
EAP, Departamento de Protección Vegetal  
El Zamorano  
Apartado Postal No. 93  
Teléfono:(504) 76-6140/50  
Fax: (504) 76-6242  
E-mail: [hernando%eapdpv%sdnhon@sdnhq.undp.org](mailto:hernando%eapdpv%sdnhon@sdnhq.undp.org)

Gisela Carolina Godoy  
EAP, Departamento de Protección Vegetal

Zamorano  
Apartado Postal NO. 93  
Teléfono: (504) 76-6140  
Fax: (504) 76-6242  
E-mail: [gisela%eapdpv%sdnhon@sdnhq.undp.org](mailto:gisela%eapdpv%sdnhon@sdnhq.undp.org)

Abelino Pitty  
EAP, Departamento de Protección Vegetal  
Zamorano  
Apartado Postal No. 93  
Teléfono: (504) 76-6140  
Fax: (504) 76-6242  
E-mail: [abelino%eapdpv%sdnhon@sdnhq.undp.org](mailto:abelino%eapdpv%sdnhon@sdnhq.undp.org)

Roni Muñoz  
EAP, Departamento de Protección Vegetal  
Zamorano  
Apartado Postal No. 93  
Teléfono: (504) 76-6140  
Fax: (504) 76-6242  
E-mail: [roni%eapdpv%sdnhon@sdnhq.undp.org](mailto:roni%eapdpv%sdnhon@sdnhq.undp.org)

## **MEXICO**

Daniel Munro  
Especialista de Malezas  
CEVA-CIPAC-INIFAP  
km 17 Carretera Apatzingan-Uruapan  
Michoacan  
Teléfono: 4-1544 (Oficina) 3-3903 (Casa)

## **NICARAGUA**

Juan José Rodríguez Blandino  
Asesor de Protección Vegetal  
D.G.P.S.A.- M.A.G.  
Carretera a Masaya Km 3 1/2  
Managua  
Teléfono: 505-2-783412  
Fax: 505-2-785864

Marlene del Socorro Vargas  
Especialista de Malezas  
Centro Nacional de Diagnóstico y Vigilancia  
fitosanitaria,  
Ministerio de Agricultura y Ganadería  
Km 12 1/2 Ctra. Sur 2 km derecha,

Managua  
Teléfono: 65-8536

Julio César Mercado Norori  
Coordinador del Programa INTA/MIP  
INTA, km 14.5 Carretera Norte 3 km mano  
derecha  
Managua  
Teléfono: 31512, 31334  
Fax: 31738

## **CENTRO REGIONAL**

Bernal Valverde  
Especialista de Malezas  
Catie-MIP, Turrialba 07170, Costa Rica  
Teléfono: (506) 556-1632 y (506) 556-6431  
Fax: (506) 556-0606 y (506) 556-1533  
E-mail: [bvalverd@catie.ac.cr](mailto:bvalverd@catie.ac.cr)

## **FAO**

Ricardo E. Labrada Romero  
Oficial de Malezas  
FAO, AGPP, room C-750  
Vía delle Terme di caracalla 00100  
Roma, Italia  
Teléfono: (396) 5225-4079  
Fax: (396) 5225-6347  
E-mail: [ricardo.labrada@fao.org](mailto:ricardo.labrada@fao.org)

Carlos Zelaya  
Oficial de Programas  
Representación de la FAO  
P.O. Box 1808  
Tegucigalpa, Honduras