

Bibliografía.

- ADEBITAN, S.A. Y IKOTUN, T. 1996. Effect of plant spacing and cropping pattern on anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) of cowpea. *Fitopatología Brasileira* 21(1):5-12.
- ALTIERI, M.A. 1983. Agroecología. Bases científicas de la agricultura alternativa. CIAL, Cetel ediciones, Chile.
- APS Biological Control Committee. 2003. Commercial biocontrol products available for use against plant pathogens. <http://www.oardc.ohio-state.edu/apsbcc/productlist.htm>
- CASSANELLO, M.E., CARRATO, A.C. y FRANCO, J. Solarización en almácigos de brásicas. Estación Experimental Dr. Evaristo Lazo, Bella Unión, Uruguay. (Mimeografiado).
- CHET, I. 1987. *Innovative Approaches to Plant Disease Control*. John Wiley & Sons, New York. 372p.
- De Souza, J.L. 1998. Agricultura Orgánica. Tecnología para Produção de alimentos sandávis. Vitória, ES, EMCAPA, Brasil.
- De Souza, J.L. 1999. Sistema Orgánico de produção de hortaliças. Manual Técnico
- GEPP, V., SILVERA, E., CASANOVA, S. & TRICOT, D. 2001. Solarization in the management of lettuce drop (*Sclerotinia spp.*). In: Young CS, Hughes KJD, eds. *Proceedings of Sclerotinia 2001 - The XI International Sclerotinia Workshop, York 8th-12th July 2001, York, England: Central Science Laboratory, York, England. 135-136.*
- HOITINK, H.A.J. and FAHY, P.C. 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. *Annual Review of Phytopathology* 24:93-114.
- HORNBY, D. 1983. Suppressive soils. *Annual Review of Phytopathology* 21:65-85.
- INSUNZA, V. 1994. Propiedades nematocidas de plantas chilenas: II. Evaluación de invernadero de 19 especies de plantas usadas como enmiendas en suelos infestados. (Resumen). *Fitopatología* 29(1):45.
- JONES, R.A.C. 1993. Effects of cereal borders, admixture with cereals and plant density on the spread of bean yellow mosaic potyvirus into narrow-leaved lupins (*Lupinus angustifolius*). *Annals of Applied Biology* 122: 501-518.
- JONES, R.A.C. 1994. Effects of mulching with cereal straw and row spacing on spread of bean yellow mosaic potyvirus into narrow-leaved lupins (*Lupinus angustifolius*). *Annals of Applied Biology* 124: 45-58.
- KIRKEGARD, J.A., WONG, P.T.W. & DESMARCHELIER, J.M. 1996. In vitro suppression of fungal root pathogens of cereals by Brassica tissues. *Plant Pathology* 45(3):593-603.
- KUEPPER, G. & DODSON, M. 2001. Companion Planting: Basic Concept and Resources. Horticulture Technical Note. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA). <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/complant.pdf>
- KUEPPER, G., THOMAS, R. & EARLES, R. 2001. Use of baking soda as a fungicide. Horticulture Technical Note. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA). <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/bakingsoda.pdf>
- LYON, G.D., NEWTON, A.C. & REGLINSKI, T. 1990. A novel system for controlling plant disease. *Annual Report, Scottish Crop Research Institute, 68-69.*
- MONTEALEGRE, J.R., ROJAS, M.A., VARNERO, M.T. y ABALLAY, E. 1996. Efecto de la solarización sobre el control de *Sclerotium rolsii* y nematodos en la región metropolitana de Chile. *Fitopatología* 31 (1):70-83.
- PERREIRA, J.C.R., ZAMBOLIN, L., RIBEIRO DO VALE, F.X. e CHAVES, G.M. 1996. Compostos orgânicos no controle de doenças de plantas. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 4:353-379.
- SHIPTON, P.J. 1977. Monoculture and soilborne plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 15: (387-407).
- SULLIVAN, P. 2001. Intercropping Principles and Practices Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA). <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/intercrop.pdf>
- THURSTON, D.H. 1992. Sustainable Practices for Plant Disease Management in Traditional Farming Systems. Westview Press, Boulder. 279p.
- VAN BRUGGEN, A.H.C. 1995. Plant disease severity in high-input compared to reduced-input and organic farming systems. *Plant Disease* 79(10):976-984.
- WELTZIEN, H.C. 1990. The use of composted materials for leaf disease suppression in field crops. In: Unwin, R. ed. *Crop Protection in Organic and Low Input Agriculture; Options for reducing agrochemical usage*. BCPC Monograph N° 45. The British Crop Protection Council, Farnham. p.115-120.
- ZALOM, F.G. and FRY, W.E. 1992. Biologically intensive IPM for vegetable crops. In: Zalom, F.G. and Fry, W.E., eds. *Food, Crop Pests, and the Environment ; the need and potential for biologically intensive integrated pest management*. St. Paul, APS Press. p.107-165

Capítulo 5.12

Bases conceptuales para el Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades



Solarización

Ing. Agr. María Emilia Cassanello

Departamento de Protección Vegetal Facultad de Agronomía
mcassan@unorte.edu.uy
Estación Experimental San Antonio Salto (UDELAR)

SÍNTESIS DE TEMAS

- Introducción.
- Principios de la solarización.
- Acción de la solarización del suelo sobre los patógenos.
- Control de patógenos y enfermedades por solarización.
- Alteraciones en los suelos solarizados.
- Aplicaciones de la solarización del suelo.
- Beneficios adicionales y limitaciones.
- Aspectos económicos.
- Solarización en el Uruguay.

5-12.1 Introducción

Cuando enfocamos el tema del manejo de enfermedades mediante prácticas culturales estamos hablando de los cambios en el manejo del cultivo para disminuir el desarrollo de la enfermedad. Esto dicho tan sencillamente representa el método más antiguo y práctico del manejo de las enfermedades y aún hoy ofrece un inmenso potencial para el futuro. Incluye los principios de: evasión, exclusión y erradicación. La mayoría de las medidas son preventivas.

En un programa de manejo de enfermedades deberíamos tener en cuenta tres aspectos básicos que son: prácticas de cultivo + resistencia + químicos. Para obtener cosechas sanas se debería partir de semilla y materiales libres de enfermedades, cultivar en un medio ambiente favorable al cultivo y no a los patógenos, adaptar métodos culturales adecuados a la zona y practicar el saneamiento y la higiene o sea la profilaxis.

Con respecto a la solarización, dentro del manejo de enfermedades de suelo, como una técnica física de desinfección de suelos, tiene sus orígenes en los primordios de la agricultura cuando se utilizaba la cobertura del suelo con materiales orgánicos e inorgánicos para minimizar la evaporación del agua, controlar plantas dañinas, mejorar sus propiedades físicas y evitar la erosión lo que promovía un mejor crecimiento de las plantas.

El uso de la energía solar para el control de agentes bióticos en el suelo y en material vegetal es conocido desde hace siglos. En la India, existe el hábito de calentar material vegetal por la exposición a la luz solar desde la antigüedad.

Solarización se refiere a una técnica de desinfección del suelo que ocurre en un suelo humedecido, con fertilización de base y cubierto con un film plástico transparente y expuesto a la luz del sol

Solarización se refiere a una técnica de desinfección del suelo que ocurre en un suelo humedecido, con fertilización de base y cubierto con un film plástico transparente y expuesto a la luz del sol durante los meses con más altas radiaciones.

En un programa de manejo de enfermedades deberíamos tener en cuenta tres aspectos básicos que son: prácticas de cultivo + resistencia + químicos.

durante los meses con más altas radiaciones. Durante la solarización la temperatura del suelo alcanza niveles que son letales a muchos fitopatógenos y malezas, además de provocar complejas alteraciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que reduce la ganancia de crecimiento y rendimiento de los cultivos.

El Dr. Jacobo Katan en Israel, basándose en observaciones hechas por extensionistas y agricultores en el valle del Río Jordán, que constataron un calentamiento intenso del suelo cuando estaba cubierto con plástico, potencializó la técnica y comenzó a investigarla en los años 70. En Japón, también los agricultores y los investigadores estaban usándola desde antes de 1970 en condiciones de invernáculo y túnel plástico. Simultáneamente, en Estados Unidos, Pullman y DeVay relatan por primera vez el empleo de la solarización del suelo para controlar *Verticillium dahliae* en algodón y demostraron su viabilidad en grandes extensiones. En 1991 fue publicado el primer libro sobre solarización del suelo y según sus editores, Katan & DeVay, las investigaciones hechas en aproximadamente 38 países ya redundaron en una estimativa de más de 300 trabajos publicados. Actualmente, existen ya unos 1.200 trabajos publicados en países tan diversos como Italia, Israel, Grecia, España, Marruecos, Egipto, Irán, Brasil, Argentina, Uruguay, Chile, Estados Unidos, Francia, Japón, India, Alemania, Holanda, Portugal, Rusia, Canadá, etc..

5-12.2 Principios de la solarización

La efectividad de la solarización para la desinfección del suelo y el crecimiento de las plantas depende de: la temperatura del aire, la humedad, la longitud del día, la intensidad solar, las características del film plástico y del tipo de suelo.

La temperatura del suelo es la principal variable en el proceso de solarización. Bollen, G.J. demostró la característica mesofílica de varios patógenos de suelo en laboratorio. Así

pensó en la posibilidad de inactivar térmicamente hongos fitopatógenos a temperaturas viables de lograr en suelos solarizados, lo que quedó demostrado en trabajos involucrando tanto condiciones de campo como de invernáculo. En este cuadro se observan algunos rangos de temperaturas letales de patógenos sometidos a 30 minutos de calor "in vitro". Ver cuadro 5.12.1

La humedad es considerada también un factor de gran importancia en la solarización del suelo, pues la transferencia de calor hacia los microorganismos se aumenta por el incremento en el tenor de humedad del suelo.

Cuadro 5-12.1 Temperaturas letales de algunos patógenos sometidos a 30 minutos de calor en laboratorio.

PATOGENO	TEMPERATURA LETAL (°C)
Obligados	
<i>Olpidium brassicae</i>	55.0 - 60.0
<i>Plasmodiophora brassicae</i>	50.0 - 55.0
<i>Synchytrium endobioticum</i>	50.0 - 60.0
Oomicetes	
<i>Phytophthora capsici</i> A ₁	40.0 - 42.5
" " A ₂	42.5 - 45.0
" " A ₁ + A ₂	47.5 - 50.0
<i>Pythium aphanidermatum</i>	50.0 - 52.5
No obligados	
<i>Colletotrichum coccodes</i>	45.0 - 50.0
<i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>dianthi</i>	55.0 - 57.5
<i>F. o.</i> f.sp. <i>lycopersici</i>	57.5 - 60.0
<i>Verticillium dahliae</i> (papa, tomate)	45.0 - 47.5
<i>V. dahliae</i> (remolacha azuc.)	40.0 - 45.0

Fuente: Bollen, G.J. 1985. Lethal temperatures of soil fungi. In Ecology and management of soilborne plant pathogens. Ed. Parker, C.A.; Rovira, A.D.; Moore, K. J.; Wong, P.T.W.; Kollmorgen, J.F. p.191-193.

La duración del día y la intensidad solar inciden directamente en el éxito de esta técnica. La mejor época del año para ponerla en práctica es el verano. En las condiciones nuestras, en el Norte del país es posible uti-

La duración del día y la intensidad solar inciden directamente en el éxito de esta técnica. La mejor época del año para ponerla en práctica es el verano.

La efectividad de la solarización para la desinfección del suelo y el crecimiento de las plantas depende de: la temperatura del aire, la humedad, la longitud del día, la intensidad solar, las características del film plástico y del tipo de suelo.

lizar la solarización desde noviembre a marzo, siendo los meses de diciembre a febrero los más convenientes pues implican mayores cantidades de radiación solar.

En lo que respecta a las características del film plástico, cuando se persigue el objetivo de reducir los fitopatógenos del suelo se usa el transparente. Existen experiencias con plástico negro pero con otros propósitos diferentes a la desinfección del suelo. Cuando se compara con el polietileno transparente, el negro que contiene el pigmento "negro carbono", absorbe y retiene la radiación solar, reduciendo así el calentamiento del suelo varios °C. Aún siendo menos eficaz, el polietileno negro controla fitopatógenos del suelo en los primeros 5 cm. del perfil. El plástico transparente transmite mayor cantidad de radiación la cual es absorbida por el suelo, redundando en mayor eficacia en el control de los fitopatógenos. El film de polietileno es considerado ideal para ser usado en solarización puesto que es esencialmente transparente a la radiación solar (280 a 2.500 nm), por lo tanto completamente opaco a la radiación terrestre (5.000 a 35.000 nm) funcionando entonces como almacén de energía solar, ya que reduce el escape de calor. Cuando se quiere lograr una alta temperatura a mayores profundidades (más de 30cm.) en algunos países se usa el polietileno de doble capa, también usado para aumentar el calentamiento en lugares más fríos. En Italia se desarrolló un polietileno fotodegradable que

puede permanecer intacto en condiciones de pleno sol cerca de 50 días, lo que parece conveniente como una buena perspectiva para el ajuste de esta técnica. Se cita el látex, un polímero aplicado en forma líquida a través de "spray" como forma alternativa al polietileno y además efectivo.

Las características del suelo tales como color, textura y estructura influyen en la absorción de la radiación solar. En general, el suelo en sí posee alta capacidad térmica por lo cual es considerado un mal conductor de calor, resultando en una velocidad muy lenta de penetración, estimada en cerca de 2 a 3 cm/hora. Los componentes textura y estructura son factores que determinan la capacidad hidráulica de los suelos, siendo este factor de extrema importancia en el aumento de la eficiencia de la conductibilidad térmica en suelos solarizados. Según Katan el color del suelo influye en la absorción de la radiación solar mientras que Mahrer, no lo tiene en cuenta en su ecuación básica del balance de energía en suelos solarizados y desnudos. Según Stapleton & Garza-López, el suelo arcilloso es mejor que el arenoso cuando sometidos a solarización en igualdad de condiciones.

5-12.3 Acción de la solarización del suelo sobre los patógenos

Los patógenos son inactivados a través de efectos directos, es decir las altas temperaturas y efectos indirectos, como el control biológico y la supresividad del suelo.

Efectos directos: se refiere al efecto hidrotérmico de la solarización y es tal vez el factor más importante para la desinfección del suelo. La dosis letal de calor es función de la temperatura del aire y del tiempo de incidencia solar. Durante los meses de mayor radiación, las temperaturas en suelos solarizados pueden alcanzar de 35 a 60°C dependiendo de la profundidad. En el estado de San Pablo en Brasil, en los meses de diciembre a febrero es posible alcanzar temperaturas entre 46 y 48°C a 10 cm. de profundidad. En el Norte de nuestro país, Bella Unión y Salto, se logran temperaturas de más de 51°C a 10 cm. de profundidad en suelos solarizados al aire libre durante los

Durante los meses de mayor radiación, las temperaturas en suelos solarizados pueden alcanzar de 35 a 60°C dependiendo de la profundidad.

meses de diciembre, enero, febrero y marzo. Streck, N.A., Schneider, F.M. y Buriol, G.A. encontraron una diferencia de 10°C o más en suelos solarizados a 2 cm. y 5 cm. de profundidad en comparación con el suelo desnudo. Ello coincide con el valor de la

temperatura obtenida en Bella Unión y Salto a 10 cm. de profundidad. Concluyen que la solarización presenta potencial en la región de Santa María, Río Grande do Sul. Varios investigadores entre ellos Pullman et al., y Bollen, G.J. encontraron que muchos patógenos del suelo no sobreviven durante la exposición de 1 a 6 horas a 47°C y de 2 a 4 semanas si la temperatura fuera de 37°C.

Efectos indirectos: el aumento de temperatura en el suelo induce alteraciones microbiológicas que contribuyen al control de los patógenos. Katan y Phillips afirman que la reducción en la densidad y en el potencial de inóculo, así como la reducción de la habilidad competitiva saprofítica de los patógenos en los suelos solarizados se debe a factores tales como: anulación de fungistasis; parasitismo o lisis por antagonistas estimulados por las altas temperaturas; muerte de patógenos debilitados causada por organismos termo-tolerantes; antibiosis y competición, además de que el suelo puede adquirir la condición de supresividad previniendo, así, la reinfestación.

Las bacterias de los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus spp.*, componentes activos de los suelos supresivos son afectadas por la solarización. Se informa que *Pseudomonas fluorescens* a pesar de ser altamente sensible a la solarización, recompone su población rápidamente en suelos solarizados, alcanzando niveles 6 y 130 veces superiores a los suelos no solarizados.

Por otro lado es importante resaltar que los efectos de las temperaturas sub-letales de solarización sobre los microorganismos del suelo aumentan su sensibilidad a los hongos y bacterias saprófitas, así como a los fumigantes y otros pesticidas. De no lograrse las temperaturas letales también se producen alteraciones fisiológicas en los propágulos de los fitopatógenos como por ejemplo, retardo de la germinación, inhibición del alargamiento del tubo germinativo y aún pérdida de la pigmentación, reduciendo, de esa forma, la ocurrencia de enfermedades en las plantas huéspedes.

5-12.4 Control de patógenos y enfermedades por solarización

El estudio de la variación de la densidad de inóculo es motivo de gran parte de los trabajos con solarización de suelo, que aunque la mayoría de las veces sea el principal no es el único factor determinante del nivel de enfermedad. Sería muy interesante realizar otro enfoque, como por ejemplo la relación entre la población del patógeno y el nivel de ocurrencia de enfermedad en suelos solarizados y no solarizados. El éxito en el control de patógenos y enfermedades en suelos previamente solarizados va a depender de otros factores tales como: prácticas agrícolas; duración del ciclo del cultivo y principalmente si el suelo era o no supresivo.

Aunque casi siempre se piensa en el control a 30 cm. de profundidad, se informa buen control a considerables niveles de profundidad como entre 70 y 120 cm. para *Verticillium dahliae* y *Phytophthora cinnamomi*.

Con relación a la duración del efecto, se ha constatado un efecto duradero, es decir por dos o hasta tres ciclos de cultivo para varios hongos (*F. oxysporum* f.sp. *ciceri*, F.o. f.sp. *vasinfectum*, *Pyrenochaeta lycopersici*; *Rhizoctonia solani*, *Rosellinia necatrix*; *Streptomyces scabies*). Ello es interpretado por Katan y Satour et al. como debido a una reducción en la densidad de inóculo asociada a un cambio en el equilibrio biológico a favor de los organismos antagonísticos lo que retardaría la reinfestación. Por otro lado, los patógenos de las plantas son generalmente, menos agresivos y competitivos que los hongos y bacterias saprófitas, cuya población es más tolerante térmicamente y menos afectada en suelos solarizados.

El empleo de la solarización del suelo posibilita la adopción combinada de técnicas que involucran métodos biológicos, químicos y culturales. Se mencionarán algunos ejemplos.

El uso de control biológico asociado a la solarización del suelo ha demostrado viabilidad en muchos casos. El uso del hongo antagonístico *Trichoderma harzianum* con solarización en campos infectados con *R. solani*, propició el control de la enfermedad y previno contra el aumento del potencial de inóculo.

El progreso en el control de enfermedades a través de la combinación de trata-

mientos, preferentemente empleando sub-dosis de pesticidas, es uno de los avances en el manejo integrado de patógenos. Se cita un control efectivo de *Pyrenochaeta lycopersici* combinando la solarización con sub-dosis de bromuro de metilo.

Con respecto a la incorporación de residuos orgánicos previamente a la solarización, algunos autores como Ramírez-Lilla-pudua & Munnecke sugieren que la cobertura plástica, además de aumentar la temperatura del suelo, aprisiona gases originados de la descomposición de la materia orgánica incorporada y contribuye al control de los patógenos de suelo. Pero también es importante saber qué tipo de materia orgánica se incorpora previamente ya que ello puede determinar la erradicación de un patógeno o contrariamente ocasionar el incremento de su población.

5-12.5 Alteraciones en los suelos solarizados

Si se compara con la fumigación química o con el tratamiento de vapor, la solarización es considerada como relativamente amena en relación a las modificaciones del suelo. No se conocen datos consistentes sobre posibles alteraciones físicas en la estructura, la textura, la densidad, la conductividad eléctrica, el pH y la materia orgánica.

Alteraciones químicas: se notan incrementos en la concentración de ciertos nutrientes minerales solubles, provenientes de la muerte y degradación de parte de los microbios residentes que los liberan a la solución del suelo. Entre ellos estaría el NH₄-N que se acumula debido a la disminución de *Nitrobacter* y *Nitrosomonas* spp. en suelos solarizados con alto tenor de materia orgánica. También se citan incrementos para fósforo, potasio y calcio + magnesio. Los resultados con hierro, manganeso, zinc y cobre son inconsistentes.

Alteraciones biológicas: es selectiva pues los hongos, bacterias y actinomicetos termotolerantes y termofílicos pueden sobrevivir y sus poblaciones pueden, incluso, aumentar. Se han constatado incrementos significativos a favor de los tratamientos solarizados para productividad, nodulación por *Bradyrhizobium* sp. y colonización por hongos micorrícicos vesículo-arbuscular para el cultivo del poroto caupi.

El efecto letal de la solarización es más

pronunciado en microorganismos que no son buenos competidores en el suelo. Muchos patógenos de plantas están en este grupo puesto que los mismos presentan requerimientos fisiológicos especializados que los condicionan a una mayor adaptación para una coexistencia con el huésped.

5-12.6 Aplicaciones de la solarización del suelo

La clásica forma del uso de solarización se refiere al empleo de esta técnica en pre-plantación para el control de fitopatógenos y otros agentes bióticos en condiciones de campo, en épocas y regiones de alta radiación, lo que resulta en un aumento de la productividad de los cultivos. Pero también ha demostrado ser viable de aplicación en invernáculos y túneles plásticos, en cultivos perennes, en la desinfección de materiales y otros.

En invernáculos y túneles plásticos ha tenido amplia aceptación por parte de los agricultores. En estas estructuras se logran 10°C más de lo alcanzado en condiciones de campo tanto para profundidades de 5 como de 20 cm.

El uso de solarización para el control de fitopatógenos en pos-plantación, principalmente de árboles frutales es una variable del uso clásico de la técnica. Se citan resultados en el cultivo del pistachero para el control de *V. dahliae* hasta 120 cm. de profundidad. Se ha usado en California en cerca de 3.000 hectáreas gracias al uso de máquinas especialmente adaptadas. También se usa en manzana, en olivos y cerezos ya implantados. Puede ser aplicada sola y/o combinada con control biológico.

Otras aplicaciones: desinfección de sustrato para almacigueras, desinfección de estacas para entutorar tomates y muchas otras que van surgiendo a medida que se pone en práctica.

5-12.7 Beneficios adicionales y limitaciones

Ha demostrado ser una técnica de fácil aplicación, que no usa sustancias químicas, no contaminante, no deja residuos tóxicos para el consumidor, plantas u otros organismos, no altera la flora microbiana, menores costos de aplicación que los productos químicos, se logra mayor vigor de plantín

Es claro que el empleo de la solarización solo es viable económicamente cuando involucra cultivos que proporcionen alta rentabilidad financiera.

en almácigos, produce una ganancia de crecimiento de las plantas y es eficiente para controlar hongos, bacterias, nematodos, malezas e insectos fitoparásitos.

Pero como cualquier otra técnica tiene algunas limitaciones. Requiere el suelo libre de cultivos durante un período que puede ir desde 2 hasta 4 semanas; es viable solo en regiones donde ocurren altas radiaciones solares; los pesticidas aplicados tanto en pre como pos-solarización del suelo presentan comportamientos diferentes (algunos se degradan muy lentamente mientras que otros sufren una reducción en la fungitoxicidad).

5-12.8 Aspectos económicos

Hay pocos trabajos que enfoquen la solarización desde el punto de vista del análisis costo/ beneficio en comparación con métodos convencionales de control. Es claro que el empleo de la solarización solo es viable económicamente cuando involucra cultivos que proporcionen alta rentabilidad financiera. Se deberían tener en cuenta: a) el costo del período en que el suelo está bajo tratamiento justamente en la época en que los cultivos alternativos podrían estar ocupando el área y b) el costo del tratamiento para su instalación.

Por otro lado sería fundamental evitar dos situaciones: a) tomar la decisión de aplicar la solarización y que no sea necesaria y b) decidir no aplicar cuando sí es necesario.

El análisis económico de la solarización puede dirigirse a la aplicación del método teniendo como meta un único ciclo de cultivo o más de uno.

Evaluación económica de la solarización en un ciclo único de cultivo: aquí debería compararse con otras técnicas de control como un tratamiento químico. Lo tradicional es compararlo con el bromuro de metilo. En Israel se compararon estos tratamientos en el cultivo de ajo. La solarización aumentó tanto la productividad como la calidad del producto y se obtuvo un alto retorno financiero comparado con el bromuro.

Evaluación de la solarización con efecto duradero: el efecto se prolonga por dos o más ciclos de cultivo. Se cita la secuencia de cultivos: cebolla - maíz - cebolla luego de la solarización del área por 6 semanas. Pero cuando los cultivos empleados en la rotación fueron poroto - maíz - poroto los resultados financieros del empleo de la solarización fueron desventajosos. Son varios los obstáculos para la adopción de la solarización en un programa de rotación. Primeramente es necesario establecer la secuencia de los cultivos luego de la solarización; otro factor es la definición del intervalo de aplicación o sea cada cuantos años o luego de cuantos ciclos de cultivo. Sin embargo, en Israel, la aplicación de la solarización en rotación de cultivos proporcionó una ganancia financiera líquida del 8,6% comparado con la misma rotación cuando no solarizado.

5-12.9 Solarización en el Uruguay

Los primeros ensayos con esta técnica se remontan a los años 1984 y 85 en los que el Ing.Agr. Roberto Bernal, técnico del Centro de Investigaciones Alberto Boerger (C.I.A.A.B.), comenzó a investigar en chacras de productores hortícolas de los alrededores de Salto. Los cultivos usados en esas oportunidades fueron cebolla (almácigos), tomate bajo invernáculo y frutilla. Esos primeros

resultados fueron muy alentadores pero la técnica no se difundió. En 1986, en la Estación Experimental Evaristo Lazo (EEEL), Calagua, Bella Unión, Artigas, el equipo técnico se encontró con la limitante de los patógenos de suelo que impedían obtener un buen almácigo de brásicas y problemas de muerte en los viveros de frutilla de origen americano (EE.UU.).

Las perspectivas para esta técnica de desinfección del suelo son muy halagadoras. Los productores la adoptan cuando planifican sus cultivos y luego que la ponen en práctica se convencer de sus ventajas. Su reiteración en años sucesivos les permite reducir las poblaciones de patógenos de suelo y obtener rendimientos económicamente sustentables a largo plazo. Es importante integrar manejos, es decir la solarización no tiene el mismo valor si no va acompañada de un buen manejo de la fertilización, agua, malezas, ventilación, elección de la variedad, oportunidad de poda, desbrote y deshoje, rotaciones, trabajo del suelo, etc. Sus ventajas (tiempo que el suelo permanece ocupado, veranos con poca luminosidad y temperaturas frescas) no son tales al momento de analizar a largo plazo no solo desde el punto de vista de los patógenos de suelo y malezas sino también de la mejora de la estructura del suelo y la flora microbiana.

Bibliografía

Cassanello, M. E.; Núñez, C.A. 1999. Manejo racional de patógenos de suelo en invernáculos mediante solarización. Proyecto PROVA/Facultad de Agronomía. Revista del PREDEG 2(9):13-14.

Cassanello, M. E.; Carrato, A. C.; Franco, J. 1990. Efecto de la solarización en almácigos de brásicas. In: Resúmenes del III Congreso Nacional de Horticultura. Organizado por la Sociedad Uruguaya de Horticultura. Salto. p.19

Cassanello, M.E.; Jones,C; Perez,C.A. 1997. Relevamiento preliminar de Meloidogyne sp. en cultivos hortícolas bajo invernáculo en el área hortícola de Salto. In Congreso Latinoamericano de Fitopatología, 9°.Montevideo. Resúmenes. Montevideo. SUFIT- ALF.

Genta, H.;Cassanello, M.E.; Franco, J.E. 1989. Efecto de la solarización y productos químicos en el control de enfermedades de corona en frutilla. In Congreso de la ALF, 5°; Congreso ASCOLFI, 10°; Reunión Anual APS-DC, 29°. Cali, Colombia. Resúmenes. Cali, CIAT.

Gepp, V; Cassanello, M.E.; Silvera, E.; Casanova, S. ; Tricot, D. 2002. Solarización, técnica alternativa para el manejo de enfermedades en suelos

Capítulo 5.13

Bases conceptuales para el Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades



Biofumigación

Extraído de Bello, A *et al* 1997