

APTITUD DE LA SOLARIZACIÓN PARA INCREMENTAR LA TEMPERATURA DEL SUELO EN CAMPO E INVERNADERO EN EL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO Y NEUQUÉN: UN EJEMPLO DE APLICACIÓN AGRONÓMICA.

Patricia Bucki⁽¹⁾, Graciela Reybet⁽¹⁾, Elizabeth Maero⁽²⁾, Claudia Azpilicueta⁽²⁾,
Carlos M. Reybet⁽¹⁾, Amilcar Suarez⁽¹⁾, Jorge Muñiz⁽³⁾ y Alberto Escande⁽⁴⁾

Docentes. Facultad de Ciencias Agrarias UNComahue CC 85 (8303) Cinco Saltos Río Negro, pmbucki@topmail.com.ar⁽²⁾
Subsecretaría de Producción Agraria LASAF Neuquén.⁽³⁾ Estudiante FCA UNC..⁽⁴⁾ Investigador Unidad Integrada Balcarce.

RESUMEN

Durante 1998 y 1999, se estudió la evolución de las temperaturas del suelo durante el proceso de solarización en invernadero y en el campo en la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén. En todos los ensayos se incluyó un control sin tratar. En invernadero se incluyó un tratamiento con bromuro de metilo. Se registraron diariamente las temperaturas a los 10 cm y 30 cm de profundidad. En invernadero, a las 15 hs y 18 hs se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos a los 10 cm y 30 cm de profundidad en ambos años. En el campo, a los 10 cm de profundidad la solarización incrementó la temperatura del suelo solarizado en 10 °C a las 15 hs y en 11°C a las 18 hs. A los 30 cm de profundidad el incremento fue de 9°C a las 15 hs y 18 horas. En otros trabajos de los integrantes o colaboradores del grupo de investigación, estos incrementos de la temperatura del suelo posibilitaron reducir las poblaciones de hongos patógenos, *Meloidogyne* spp., malezas y microorganismos benéficos entre 25% y 60 %.

INTRODUCCION

El control de fitoenfermedades y malezas es una de las herramientas fundamentales para el aumento de la calidad y cantidad de alimento de una población mundial en crecimiento casi logarítmico. Para ello se han desarrollado métodos químicos, culturales y biológicos. No obstante, todas las prácticas culturales alteran el equilibrio biológico del ecosistema. El concepto de control ha cambiado en las últimas décadas. Inicialmente estaba focalizado sobre la erradicación de la población patógena, ignorando o subestimando los daños causados al resto de los componentes bióticos y abióticos del ecosistema. Pero en la actualidad, los conceptos de control integrado y manejo integrado de plagas engloban muchos elementos incluyendo: programas de control de plagas específicos para un determinado cultivo, reducción de pesticidas, integración de todos los métodos de control disponibles, monitoreo de las poblaciones y parámetros económicos, ambientales y sociológicos (9)

La desinfección del suelo es una de las herramientas para el control de enfermedades, *Meloidogyne* spp., plagas y malezas y es especialmente utilizada en cultivos intensivos de alto valor, como por ejemplo cultivos hortícolas. Se conocen tres sistemas para la desinfección del suelo. Los dos primeros, con vapor y fumigación fueron desarrollados alrededor de 120 años atrás y usados hasta la actualidad. El tercero, relativamente nuevo, es la solarización (9).

El bromuro de metilo es empleado en la desinfección, pero su uso es muy discutible debido a los riesgos en animales y humanos, a la eliminación de microorganismos benéficos (8; 15; 1), y su efecto degradativo sobre la capa de ozono. Por eso, la comercialización de bromuro de metilo deberá suspenderse a partir del año 2005 en países desarrollados y 2015 en el resto de los países del mundo (16). Esta situación hace necesaria la búsqueda de métodos de control alternativos.

La solarización de suelo se presenta como un nuevo método de control, que permite en forma simple e inocua reducir las poblaciones de una amplia gama de organismos patógenos y controlar una gran variedad de malezas. Es un sistema que se basa en la captación y almacenamiento de la energía solar. Esto se realiza, durante los meses de verano, mediante el acolchado del suelo húmedo con una película de polietileno transparente de un espesor, que puede variar entre 40 y 100 μ , (5) La efectividad de esta técnica en el control de los patógenos esta condicionada por las temperaturas máximas alcanzables, la humedad del suelo y el tiempo de exposición Las propiedades térmicas de diferentes suelos para la absorción de la radiación solar varía de acuerdo con la textura, color y humedad del suelo. En general suelos con una alta capacidad térmica son pobres conductores de calor. Las temperaturas máximas alcanzadas en el suelo decrecen con la profundidad, obteniéndose temperaturas de 44 a 52°C y 36 a 38°C a 5cm y 20cm de profundidad respectivamente. (8).

Si bien se cita que las temperaturas letales oscilan alrededor de 50 °C, los patógenos implicados en el mal de los almácigos difieren en su sensibilidad a las altas temperaturas (11). Sepulveda *et al*, (12) consiguieron un 98% de reducción del inóculo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* mediante el tratamiento de solarización por 40 días, con temperaturas máximas de suelo entre 37°C y 48°C. En cuanto a la efectividad de la solarización para el control de nematodos fitoparásitos existen controversias. El control del nematodo de los nódulos, *Meloidogyne* spp, ha dado resultados dispares en varios ensayos (7,8). La densidad de población de *M. hapla* fue reducida entre 45 y 100% (14,16). Por su efectividad es recomendado conjuntamente con fumigaciones letales y subletales en cultivos intensivos de tomate, frutilla, melón, berenjena y sandía (6). El control de malezas reviste una gran importancia en el manejo de nematodos debido a que son excelentes hospedantes alternativos. En Argentina Doucet (3) señala que de un total de 54 especies de malezas, *Meloidogyne arenaria* aparece

asociado al 31% de las mismas y *M. incognita* al 58%, encontrándose las restantes asociadas a otros nematodos fitoparásitos. Sobre el efecto en la flora benéfica Escande *et al.* (4), demostraron que la capacidad de recolonización de *Pseudomonas* fluorescentes en el suelo es afectada en menor medida con la solarización que con el bromuro de metilo. Por lo expuesto anteriormente, no sólo es importante el control de malezas para evitar que afecten el desarrollo del cultivo sino también para disminuir la persistencia de *Meloidogyne* spp. en el suelo.

El objetivo del presente trabajo fue comprobar la aptitud de la solarización para incrementar la temperatura del suelo a los 10 cm y 30 cm de profundidad en campo e invernadero en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron experimentos en el campo y en invernadero. Los realizados en el campo se ubicaron: a) en el predio experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Cinco Saltos Provincia de Río Negro (S 38°56' W 67°59').

Se compararon las temperaturas del suelo en parcelas con solarización con el de aquellas sin tratar. Previo a todos los tratamientos se realizó un riego para alcanzar capacidad de campo. En invernadero, se comparó el efecto de la solarización con el tratamiento con bromuro de metilo y se incluyó un control sin tratar. El trabajo se desarrolló durante los meses de enero y febrero de 1998 y 1999. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de 5 m². En el campo se realizaron los tratamientos de solarización y control sin tratar durante los meses de enero y febrero de 1999. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con dos tratamientos y tres repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de 12 m².

El tratamiento de solarización consistió en la cobertura del suelo con una película de polietileno transparente de 100 µ de espesor. Para el tratamiento con bromuro de metilo las parcelas fueron cubiertas con polietileno para aplicar Brometan (bromuro de metilo 98%, Brometan SRL Lavallol, Bs. As. Argentina), en dosis de 485 gr/10m². Luego de 48 hs se retiró el polietileno.

Se hicieron registros diarios de temperaturas de suelo. Las temperaturas se tomaron en invernadero a las 15 y 18 hs y en el campo a las 9, 15 y 18 hs, durante los sesenta días que duró el tratamiento de solarización. Diariamente se registró la temperatura a los 10 y 30 cm de profundidad con termómetros de lectura directa Franklin, de -10 a 60 °C de rango, con el bulbo protegido con masilla para evitar las fluctuaciones de temperatura en el momento de la lectura. Para cada profundidad de registro se instalaron caños de PVC de 5 cm de diámetro con perforaciones a la altura del bulbo del termómetro. Los datos de temperaturas de aire fueron registrados en el campo en casilla meteorológica a 1,5 m de altura por la Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola de la FCA de la Universidad del Comahue.

Se realizó el análisis de la varianza de las temperaturas a los 10 cm y 30 cm de profundidad. Se compararon los promedios por la prueba de Waller o LSD protegido por F. Se consideró un nivel de probabilidad de error del cinco por ciento.

RESULTADOS Y DISCUSION

En invernadero

En todos los casos, en el tratamiento solarizado, el suelo alcanzó mayor temperatura que el control sin tratar. La homogeneidad de las varianzas de los ensayos realizados en 1998 y 1999 permitió el análisis del efecto año. Pero a los 10 cm de profundidad se detectó interacción significativa entre el año y los tratamientos bromuro de metilo y control sin tratar a las 15 hs (P=0.011) y a las 18 hs (P= 0.001). Los registros de las 15 hs, en esos tratamientos, indican que su efecto sobre la temperatura del suelo fue diferente entre años en los tratamientos control sin tratar y bromuro de metilo, como se puede observar en la tabla 1. A los 30 cm también se observó interacción significativa entre años y los tratamientos bromuro de metilo y control sin tratar a las 15 hs (P= 0.001) y a las 18 hs (P=0.001). Variaciones anuales en el grado de cobertura del suelo con malezas en el control sin tratar podrían explicar este resultado.

Tabla 1: Temperaturas del suelo de invernadero (expresadas en grados Celsius) a 10 y 30cm de profundidad para los años 1998 y 1999. Los valores son el promedio de tres repeticiones.

	Año 1998		Año 1999	
	15 hs	18 hs	15 hs	18hs
10 cm de profundidad				
Solarizado	36.7 a*	37.2 a	34.5 a	37.1 a
Bromuro	31.9 b	32.4 b	30.0 c	31.3 b
Control	31.7 b	31.0 c	31.7 b	33.3 b
30 cm de profundidad				
Solarizado	31.5 a	32.2 a	30.8 a	31.0 a
Bromuro	28.2 b	28.7 b	29.1 b	29.0 b
Control	27.8 b	27.8 c	29.3 b	29.4 b

Letras distintas significan diferencias entre tratamientos para una misma hora profundidad dentro de cada año (P< 0.05).

En el campo.

En todos los casos la temperatura del suelo fue mayor en el tratamiento solarizado que en del control sin tratar. La solarización incrementó la temperatura del suelo a 10 cm de profundidad con respecto al control sin tratar en aproximadamente 9°C a las 15 hs y 11°C a las 18 hs (tabla 2).

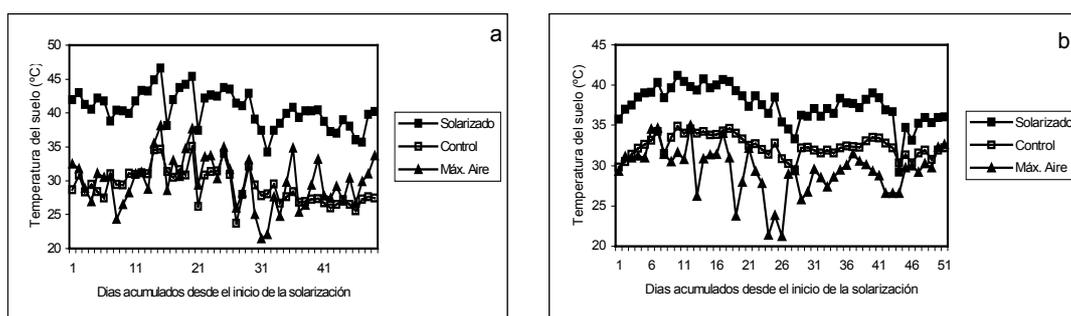
Tabla 2: : Temperaturas del suelo en el campo de la FCA (expresadas en grados Celsius), a 10 y 30cm de profundidad, para 15 y 18 hs . Los valores son el promedio de tres repeticiones.

Experimento Facultad de Ciencias Agrarias		
	15 hs	18 hs
<i>10 cm de profundidad</i>		
Solarizado	38.6 a	40.6 a
Control	28.6 b	29.5 b
<i>30 cm de profundidad</i>		
Solarizado	33.3 a	33.7 a
Control	24.5 b	24.5 b

Letras distintas significan diferencias entre tratamientos para una misma hora y profundidad ($p < 0.05$.)

Se observó una relación directa entre la temperatura del aire y las registradas en el suelo (figura 1 a y b). Dada la imposibilidad de medir la radiación solar se analizaron únicamente las correlaciones entre temperatura del suelo y del aire. Las correlaciones entre la temperatura del aire y la del suelo solarizado ($r=0.70$) o del control ($r=0.6$) en el campo fueron significativas. En invernadero, la modificación del ambiente propia de lugares protegidos, explica la baja correlación entre la temperatura del aire exterior y la del suelo solarizado ($r=0.34$) o del control sin tratar ($r=0.29$).

Figura 1. Evolución de la temperatura máxima del aire y la de los suelos solarizados y control sin tratar a las 18 hs en el campo (a) y en invernadero (b) a los 10 cm de profundidad.



En otros trabajos realizados por investigadores y colaboradores de nuestro grupo, en los suelos aquí estudiados, se detectó un muy importante efecto sanitario de la solarización. La solarización disminuyó la población de hongos fitopatógenos en 25% (17), los *Meloidogyne* spp. en 30% y 54% (10, 17) y la malezas entre 50% y 60% (2). Para el caso de microorganismos benéficos como las *Pseudomonas* fluorescentes, se observó una disminución de aproximadamente 40% y un posterior restablecimiento (90%) a los 360 días (4, 17).

CONCLUSIONES

La solarización durante 60 días del verano de suelo en campo o invernadero en el Alto Valle del Río Negro y Neuquén parece ser efectiva para aumentar la temperatura del suelo a 10 y hasta 30 cm de profundidad. Este incremento de temperatura posibilitaría reducir las poblaciones de malezas, nematodos y microorganismos patógenos causantes del mal de las almácigos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Andrada, A.C., M.I. Salerno, M.A. Gomez y R. Perrin. 1996. III Solarización y su efecto sobre las micorrizas. Actas del Seminario Microorganismos útiles para la Agricultura y la Forestación.80-82.
- 2.- Bustamante, A., G. Reybet, P. Bucki, A. Suarez y A. Escande. 1999. Efecto de la solarización en invernadero sobre las malezas y el rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Actas Resúmenes XXII Congreso Argentino de Horticultura. San Miguel de Tucumán Argentina.
- 3.- Doucet, M. 1992. Asociaciones entre nematodos fitófagos y maleza en la República Argentina. Agriscientia IX (2): 103-112.

- 4.- Escande, A., P. Bucki, G. Reybet, C. Reybet, A. Bustamante, G. Rodriguez, P. Ramirez, E. Maero y C. Azpilicueta. 1998. Manejo de la sanidad del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) mediante el uso de solarización y antagonistas. Actas de Resúmenes I Congreso Argentino de Control Biológico de las enfermedades de las Plantas. Buenos Aires.
- 5.- Gonzalez Torres, R; E. López Cosme; M.C. López García; J. Gómez Aparisi y C. Zaragoza Larios. 1993. La solarización: Posibilidades como tratamiento fitosanitario e incrementador del crecimiento en viveros y plantaciones frutales. Hortofruticultura 5 : 67 - 71.
- 6.- Grinstein, A., 1992. Introduction of a new agricultural technology – soil solarization – in Israel. *Phytoparasitica* 20:127-131
- 7.- Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects. *Plant Disease* 64(5): 450–454.
- 8.- Katan, J. 1981. Solar Heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Ann. Rev. Phytopathology* 19: 211-236.
- 9.- Katan, J. 1997. Soil solarization: Integrated control aspects. In: Principles and Practice of Managing soilborne plant pathogens. Ed. APS Press, Minnesota. Chapter 12 250- 278.
- 10.- Maero, E., C. Azpilicueta, G. Reybet, P. Bucki y A. Escande. 1999. Efecto de la solarización a campo sobre *Meloidogyne* spp. en la Provincia de Neuquén. Actas Resúmenes XXII Congreso Argentino de Horticultura. San Miguel de Tucumán Argentina.
- 11.- Salerno, M.I., J.E. Gimenez, G.A. Lori, S.M. Wolcan y R. Perrin. 1996. II Solarización y su efecto sobre el crecimiento de plantas. Actas del Seminario Microorganismos útiles para la Agricultura y la Forestación. 75-79
- 12.- Sepulveda, G., J. Montealegre, C. Díaz, R. Díaz y R. Sackenheim. 1996. Efecto de la solarización en el control de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* en el Valle de Azapa, Chile. *Fitopatología* vol 31(2): 114-121.
- 13.- Stanley, D. 1996. Natural products outdoes malathion. *Agricultural Research* 44: 1-11.
- 14.- Stapleton, J.J. y J.E. DeVay. 1983. Response of phytoparasitic and free living nematodes to solarization and 1,3-Dichloropropene in California. *Disease Control and Pest Management* 73(10): 1429-1436.
- 15.- Stapleton, J.J. y J.E. DeVay. 1984. Thermal components of Soil solarization as related to changes en soil and root microflora and increased plant growth response. *Phytopathology* 74 (3): 255-259
- 16.- Stapleton, J.J y J.E. De Vay, 1986. Soil solarization: a non – chemical approach for management of plant pathogens and pests. *Crop Protection* 5 (3): 190 –198.
- 17.- Reybet, G., P. Bucki, C. Azpilicueta, E. Maero, C. Reybet, G. Rodriguez y A. Escande. 1999. Efecto de la solarización en invernadero sobre los patógenos del complejo del mal de los almácigos, *Meloidogyne* spp. y *Pseudomonas* fluorescentes. Actas Resúmenes XXII Congreso Argentino de Horticultura. San Miguel de Tucumán Argentina.