

EFFECTO COMPARADO DE LA SOLARIZACION Y EL METAM-SODIO EN UN CULTIVO DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) EN INVERNADERO

J.L. Cenis
C.R.I.A.
La Alberca (Murcia)

P. Fuchs
Departamento Técnico
KenoGard S.A.
Barcelona



RESUMEN

Se comparan los efectos del tratamiento del suelo mediante solarización y metam-sodio en un cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L cv Gedeon) en invernadero, en la provincia de Alicante. Ambos tratamientos producen un resultado similar, claramente superior al testigo en cuanto a la reducción de la nematofauna total, control de *Phytophthora capsici* y desarrollo vegetativo de las plantas. La solarización resulta superior en la reducción de malas hierbas, mientras que ambos tratamientos son poco eficaces en el control del nematodo *Meloidogyne* spp. El tratamiento con metam-sodio produce un aumento temporal en el contenido de sodio soluble y conductividad del suelo, que disminuye hasta el nivel del testigo a partir de los meses de invierno.

SUMMARY

COMPARATIVE EFFECTS OF SOIL SOLARIZATION AND METHAM-SODIUM IN A PEPPER (*Capsicum annuum* L) CROP IN PLASTIC HOUSE.

The effects of soil treatment by soil solarization and methamsodium are compared in a pepper (*Capsicum annuum* L.) crop in a plastic house in the province of Alicante (southeast of Spain). Both treatments produce a similar result, clearly better than the control, when considering the reduction of the whole nematode population, control of *Phytophthora capsici* and vegetative development of plants. Soil solarization is better than metham-sodium in the reduction of weeds. Both treatments are equally ineffective in the control of the nematode *Meloidogyne* spp. The soil treated with metham-sodium shows a temporary elevation of soluble sodium content and soil conductivity, which diminishes to the control level from the winter months on.

Introducción

Una importante característica de la horticultura intensiva del sureste español es la gran implantación de cultivos en abrigo bajo plástico. En este tipo de cultivo, favorable al desarrollo de hongos del suelo y nematodos fitopatógenos, se realizan fumigaciones del suelo de forma intensiva. Ello conlleva riesgos, tanto de acumulación de residuos tóxicos en suelos y plantas, como en la manipulación y aplicación de los productos. Una forma de superar estos inconvenientes es la utilización de métodos de tratamiento alternativos, tales como la solarización del suelo. Este método consiste en el acolchado del suelo, húmedo y libre de cultivo, mediante una lámina de plástico transparente durante los meses de verano que trae como consecuencia un aumento de la temperatura del suelo, de unos 10°C respecto al suelo no acolchado. Se obtienen así temperaturas máximas en torno a los 45-50°C a 10 cm de profundidad, que mantenidas de forma continuada durante un mes como mínimo, ejercen un efecto adverso en las poblaciones de microorganismos fitopatógenos. La concepción de este método, derivado de la aplicación de tradicional acolchado plástico, se produjo en Israel en fecha relativamente reciente (KATAN et al., 1976). A partir de su aparición, despertó un gran interés ensayándose su aplicación frente a diferentes patógenos en numerosos países. Estos ensayos han puesto de manifiesto que la solarización tiene un efecto global y duradero en todo el componente biológico del suelo, que se traduce en la reducción de poblaciones de hongos (KATAN, 1987), nematodos (KATAN, 1987; STAPLETON y De VAY, 1983), bacterias (STAPLETON y De VAY, 1984), y malas hierbas (EGLEY, 1983; HOROWITZ et al. 1983). También se

observa frecuentemente un aumento significativo del vigor vegetativo del cultivo (STAPLETON y De VAY, 1984) y cambios en la concentración de algunos componentes químicos en el suelo solarizado (CHEN y KATAN, 1980; STAPLETON et al. 1985).

La solarización solo puede aplicarse en áreas con veranos muy cálidos y secos, y ello constituye su mayor limitación. No obstante, en nuestro país existen amplias zonas con temperaturas estivales lo suficientemente elevadas como para que el método sea aplicable con garantías de éxito. Una de estas zonas es la Región de Murcia, donde se ha aplicado con buenos resultados en el control de hongos y nematodos (CENIS et al. 1983; CENIS, 1985).

El presente ensayo se planteó con la finalidad de estudiar la viabilidad de la solarización como alternativa a las fumigaciones químicas habituales en la zona de cultivo bajo plástico en el Campo de Cartagena. Como producto de comparación se eligió el metam-sodio, predominante en la zona— estudiándose el efecto nematicida, fungicida y herbicida de ambos tratamientos. Se realizó también un seguimiento del contenido del suelo en iones Na^+ , aportados por el metam-sodio, y que pueden constituir un problema en áreas de elevada salinidad como la que nos ocupa.

Material y métodos

En ensayo fue realizado en un invernadero de estructura metálica y cubierta de polietileno térmico de 800 galgas y una superficie aproximada de 1000 m², situado en la localidad del Pilar de la Horada (Alicante), limítrofe con el Campo de Cartagena. En la temporada

1985-1986 se realizó en el mismo un cultivo de calabacín en el cual se observó, en la primavera de 1986, un fuerte ataque del nematodo *Meloidogyne* sp que produjo graves daños y obligó a suspender el cultivo. En el mes de agosto de 1986, el invernadero se labró y se dividió en parcelas de 120 m² que recibieron los distintos tratamientos. Estos consistieron en:

- Solarización mediante polietileno transparente normal de 200 galgas;
- Metam-sodio a las dosis de 1200 litros m a /ha.; y
- Testigo no tratado

De cada uno de los dos tratamientos y el testigo, se hicieron dos repeticiones. El día 8 de agosto se realizó un riego a manta de todas las parcelas, aplicando mediante el mismo el metam-sodio en las parcelas correspondientes. Tres días más tarde, con el terreno aún húmedo pero practicable, se cubrió el suelo de las parcelas destinadas a ello con una lámina de polietileno, aplicada manualmente y enterrando los bordes de la misma. A continuación se cerró el invernadero, manteniéndolo inalterado durante dos meses. En una de las parcelas solarizadas y en una de las testigo se enterraron dos termopares de cobre-constantán a 10 y 20 cm de profundidad, conectados mediante un cable al exterior con un termómetro digital de lectura directa. Mediante el mismo, se realizaron 8 lecturas diarias durante los días 21 a 28 de agosto. Las lecturas obtenidas se ajustaron a ecuaciones sinusoidales a fin de obtener una estimación de la temperatura para todas las horas del día (CENIS, 1986).

En octubre se retiró el plástico de las parcelas solarizadas y de la cubierta exterior. En la primera semana de diciembre, se colocó una nueva cubierta de plástico

térmico de 800 galgas. A continuación se plantó un cultivo de pimiento cv. Gedeón, a un marco de 1 x 0,4 m, regado mediante cinta de exudación bajo acolchado con banda de polietileno negro de 50 cm de anchura. En cada parcela, se sustituyó una de las líneas de pimiento por una línea de tomate cv. Nancy, sensible al ataque de *Meloidogyne* sp con el fin de detectar el ataque de éste, ya que presumiblemente, el pimiento no resulta atacado por la especie presente en la zona.

La fecha de plantación se retrasó un mes con respecto a la normal debido a un intenso temporal de lluvias que ocurrió en el mes de octubre.

Inmediatamente antes de la colocación del acolchado plástico, al día siguiente de la retirada del mismo y en los meses de febrero, abril y junio, se hicieron diversos muestreos. El realizado para determinar la densidad de la nematofauna total y la de larvas de *Meloidogyne* sp. se efectuó tomando dos muestras de tierra en cada parcela elemental, a una profundidad de 15 cm. En cada uno de aquellas se extrajeron los nematodos mediante un elutriador de Oostenbrink (OOSTENBRINK, 1960). También se arrancaron 4 plantas de tomate de cada parcela, observándose el aspecto de las raíces y evaluando el ataque de *Meloidogyne* sp. en una escala de 0 a 5 (TAYLOR y SASSER, 1978).

En las mismas fechas se tomaron en una de las repeticiones de cada tratamiento, 5 muestras de tierra a 15 cm, que se mezclaron en una sola. De ésta se obtuvo un extracto 1:5 en el que se determinó la conductividad y el contenido en sodio soluble.

Antes de la plantación del cultivo se realizó un control del efecto herbicida de

los tratamientos, evaluando visualmente el porcentaje de superficie cubierta por la hierba en cada parcela. En el mes de abril, 4 meses después del trasplante, se midió la altura de 20 plantas de cada una de las parcelas como estimación de su vigor vegetativo.

Durante el mes de mayo se observó la aparición de una enfermedad cuyos síntomas consistieron en un marchitamiento súbito y generalizado de toda la planta, acompañado de lesiones pardas al nivel del cuello. Estos daños fueron atribuidos al hongo *Phytophthora capsici*, que había aparecido en cultivos anteriores en el mismo invernadero. El ataque del hongo afectó de forma desigual a los distintos tratamientos, y se hizo un conteo de las plantas muertas por la enfermedad en cada uno de ellos.

Resultados

La temperatura máxima diaria obtenida mediante el acolchado plástico es de 48°C a 10 cm y de 43°C a 20 cm, que son respectivamente, unos 4 y 6°C superiores a los del testigo no acolchado (Figura 1).

La evolución de la densidad de la nematofauna total en el suelo no tratado se caracteriza por tener un valor relativamente estable desde marzo a octubre, que se incrementa hacia los meses de invierno. Las especies más frecuentes son *Dorylaimus* spp., *Panagrellus* spp., *Aphelenchus* spp., y *Aphelenchoides* spp., de hábito predominante saprófago, no observándose ninguna especie fitopatógena aparte de *Meloidogyne* spp. El efecto obtenido a corto plazo con la solarización y el metam-sodio es similar, consistiendo en ambos casos en una reducción notable de la nematofauna. No obstante, tras una reducción inicial, se produce en los meses siguientes una recolonización del suelo por parte de los nema-

todos, que es más acusada en el tratamiento con metam-sodio (Figura 2).

La pauta de aparición de *Meloidogyne* se caracteriza por un nivel casi indetectable de larvas infectivas en el suelo durante el otoño y el invierno y un aumento repentino y acusado del mismo al comienzo de la primavera (Figura 2). Paralelamente a este aumento de la densidad de larvas se observa un incremento de los daños producidos en las raíces de tomate. La incidencia del ataque es ligeramente menor en el tratamiento solarizado que en el de metam-sodio y en ambos menor que en el testigo, aunque la diferencia no es significativa (Cuadro 1). No se observó ningún daño en plantas de pimiento.

La mortalidad de las plantas debida al ataque de *P. capsici* fue máxima durante el mes de mayo. Tanto el tratamiento con metam-sodio como el solarizado sufrieron un ataque pequeño en relación al producido en el testigo (Cuadro 2).

El efecto herbicida de ambos tratamientos fue satisfactorio en comparación con el testigo. En éste, la invasión y desarrollo de la maleza fueron muy elevados, debido en gran medida a la alta temperatura y humedad en el interior del invernadero durante el verano. Las especies más abundantes fueron *Portulaca oleracea* y *Setaria verticillata*. La solarización produjo una eliminación casi total de la maleza, resultando más eficaz que el metam-sodio (Cuadro 3).

El efecto de los tratamientos en el desarrollo vegetativo del cultivo fue apreciable a simple vista unos meses después del trasplante. La altura de las plantas en el mes de abril fue similar en las parcelas solarizadas y tratadas con metam-sodio, y superior a la de las plantas del testigo (Cuadro 4).

CUADRO 1
GRADO DE ATAQUE DE *MELOIDOGYNE* SPP. A LAS RAICES DE TOMATE EN LOS TRATAMIENTOS Y TESTIGO, MEDIANTE EL CALCULO DEL INDICE DE AGALLAS (0 a 5). MUESTREO DE 4 PLANTAS POR TRATAMIENTO

Tratamiento	Indice de agallas		
	10-12-86	15-3-87	19-6-87
Solarización	0	0	1,3
Metam-Sodio	0	0	2,2
Testigo	0	0,3	3,0

CUADRO 2
NUMERO DE PLANTAS MUERTAS POR ATAQUE DE *PHYTOPHTHORA CAPSICI* EL 8-5-87 EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS Y PORCENTAJES DE EFICACIA DE LOS MISMOS, SEGUN ABBOTT

Tratamientos	N ° total de plantas muertas	Eficacia en % según ABBOTT
Solarización	6	95,2
Metam-Sodio	15	88,0
Testigo	125	-

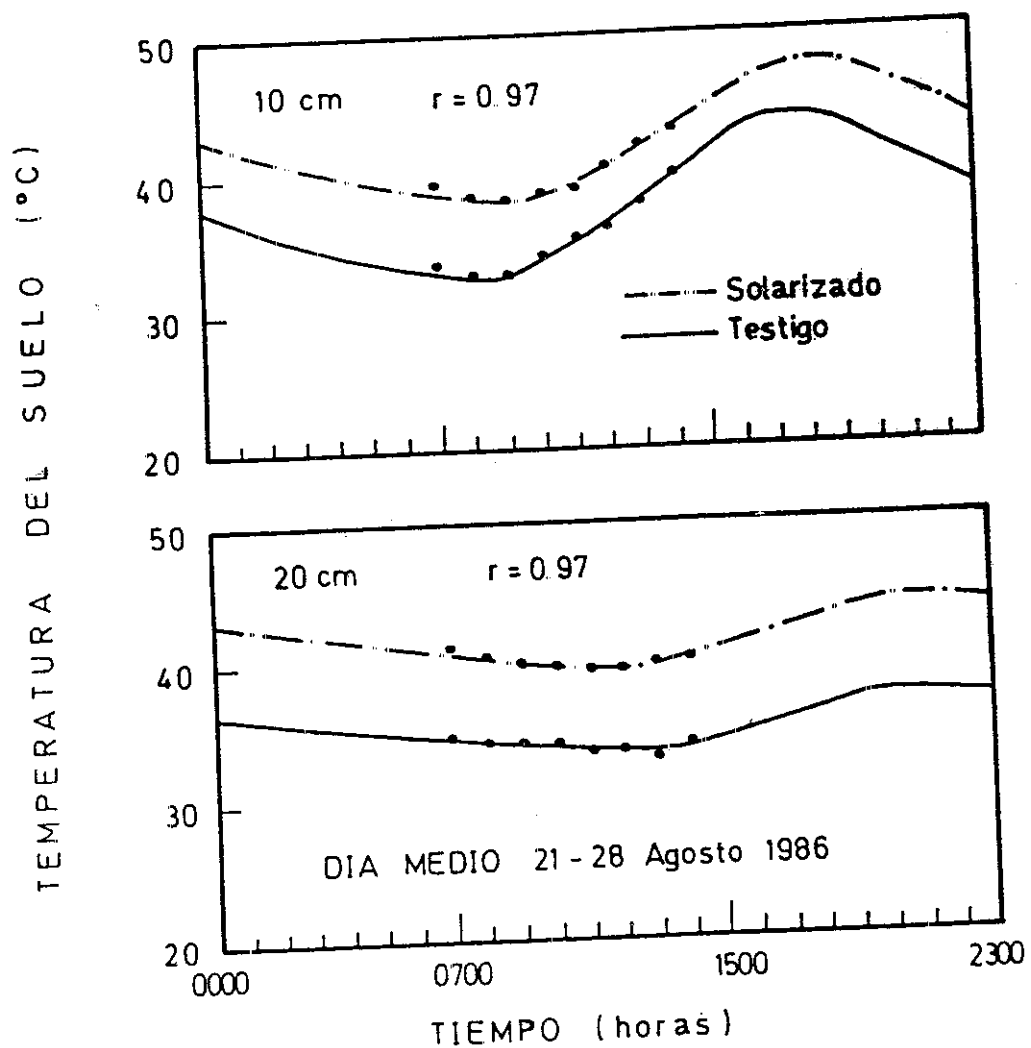


Fig 1 Temperatura del suelo del día medio del período 21 a 28 de agosto, 1986, a dos profundidades, ajustada a partir de 8 mediciones diarias

CUADRO 3
PORCENTAJE DE SUPERFICIE CUBIERTA POR *SETARIA VERTICILATA* Y *PORULACA OLERACEA* EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS, 15 MESES DESPUES DE SU FINALIZACION

Tratamiento	Porcentaje de superficie cubierta		
	S. verticilata	P. oleracea	Total
Solarización	1	1	2
Metam-Sodio	2	13	15
Testigo	46	11	57

CUADRO 4
ALTURA MEDIA DE LAS PLANTAS DE PIMIENTO EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS 4 MESES DESPUES DE SU PLANTACION MEDIA DE 20 PLANTAS

Tratamientos	Altura media (cm)
Solarización	74,2
Metam-sodio	73,4
Testigo	59,9

DSM = 7,33 cm para P = 0,05

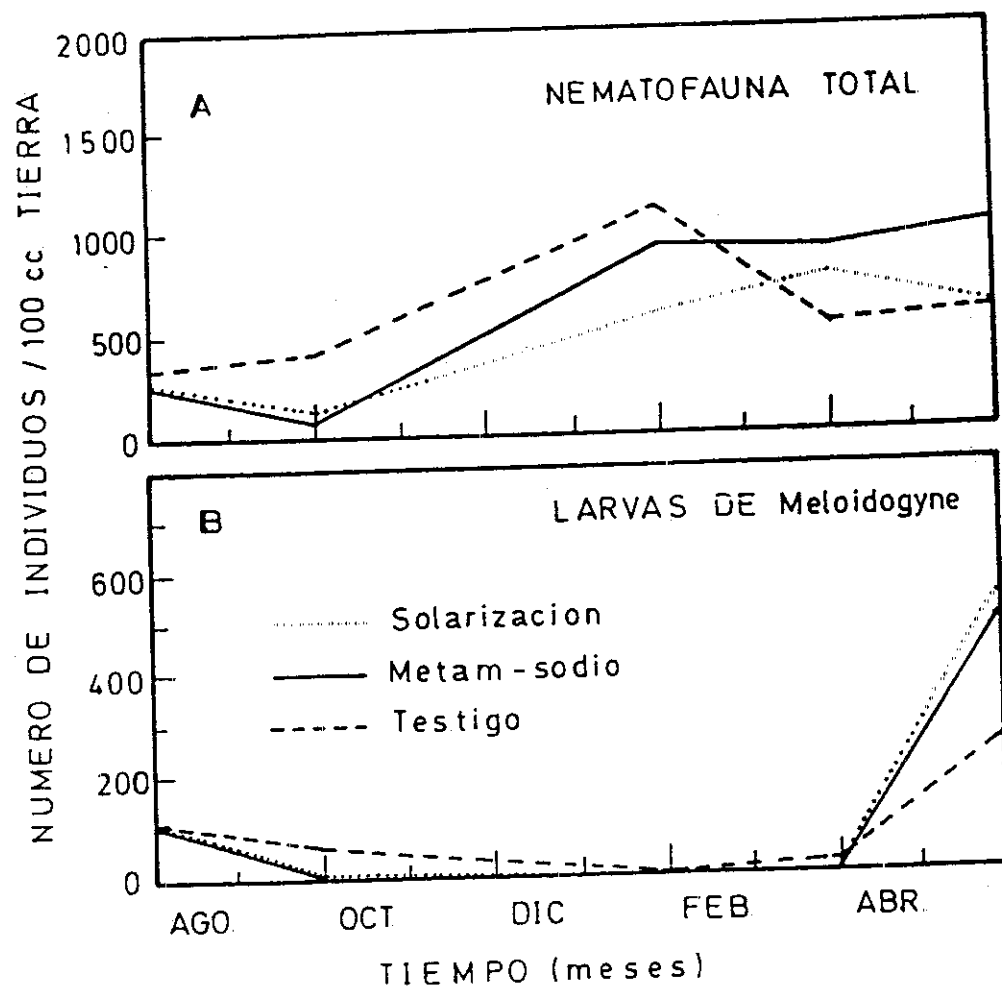


Fig. 2. Densidad de nematodos en el suelo en diferentes fechas de muestreo a) Nematofauna total, b) Larva de segundo estado de *Meloidogyne* sp

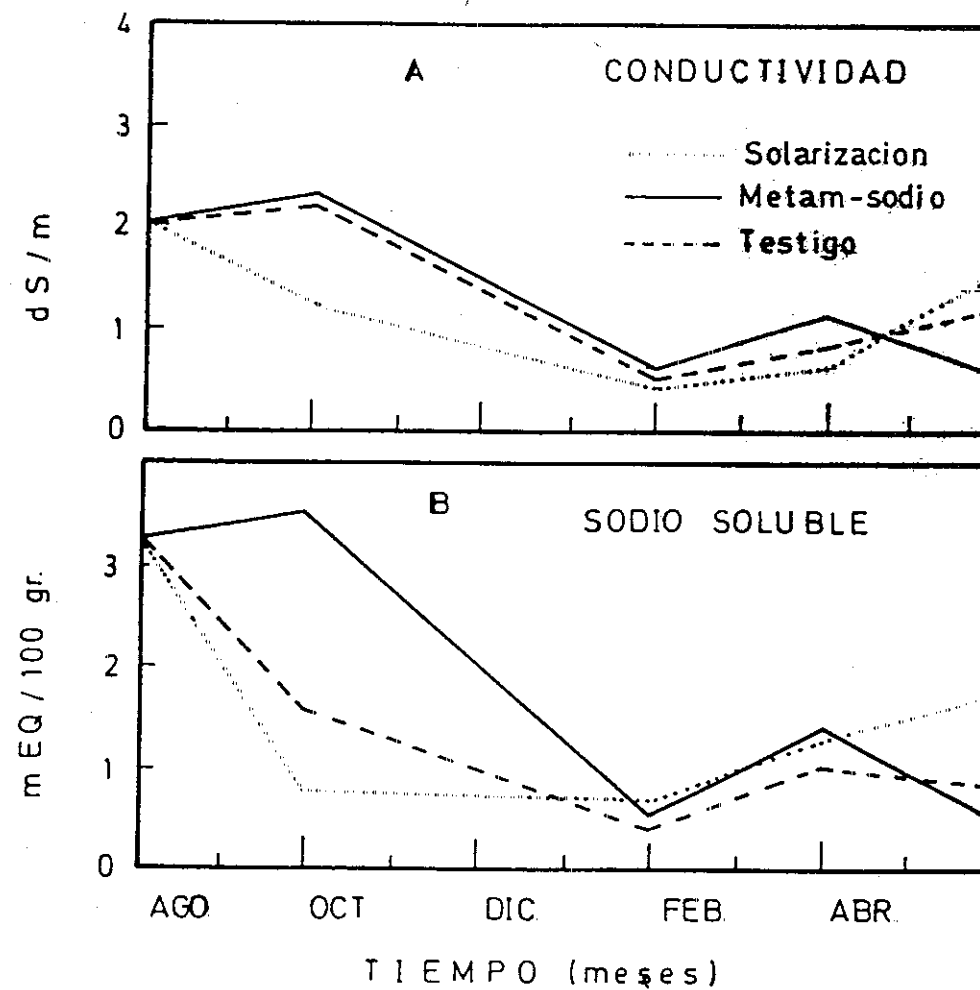


Fig. 3 a) Conductividad del suelo, b) Contenido en sodio soluble en diferentes fechas de muestreo, dos suelos tratados y testigo.

La pauta de evolución del sodio soluble en el suelo se caracterizó por un aumento del mismo tras el tratamiento con metam-sodio, y una disminución en las parcelas solarizadas y testigo. No obstante, hacia el mes de diciembre, el contenido es similar en todas las parcelas (Figura 3). La conductividad del suelo presenta una evolución parecida con la diferencia de que los valores correspondientes al metam-sodio y al testigo son casi idénticos (Figura 3).

Discusión

Las temperaturas obtenidas en el tratamiento solarizado son del mismo orden que las más elevadas registradas en experimentos realizados en Israel y California (KATAN, 1981; PULLMAN et al., 1981). No obstante, hay que tener en cuenta que las temperaturas conseguidas en tales experimentos lo son mediante solarización al aire libre mientras que la del presente ensayo se obtienen en invernadero cerrado. Ensayos realizados en Murcia (CENIS, 1986) muestran que la solarización practicada en invernadero cerrado produce temperaturas 8-10°C superiores a la obtenida mediante solarización al aire libre, y unos 16°C por encima del testigo no acolchado, al aire libre. También se ha observado que en un suelo regado, no acolchado, dentro de un invernadero cerrado, la temperatura es igual o unos grados superior a la obtenida mediante solarización al aire libre.

La evolución anual de la densidad de la nematofauna es parecida a la observada en otros experimentos (CENIS et al., 1983). El incremento de la misma registrado durante los meses invernales podría explicarse por un incremento de nutrientes y actividad biológica en el suelo, asociada al cultivo de invierno. La

menor velocidad de recolonización en el suelo solarizado podría atribuirse al efecto menos drástico del tratamiento, que permite el desarrollo de numerosos organismos termófilos y termotolerantes. Ello impide la creación de un "vacío biológico" similar al producido por tratamientos de suelo más agresivos.

La pauta de aparición de *Meloidogyne* sp, con un repentino ataque primaveral tras un nivel casi indetectable durante el otoño y el invierno, se observa repetidamente en la zona. Ninguno de los dos tratamientos parece ser efectivo tanto en lo que respecta a la reducción de larvas como de daños. Este hecho no es extraño, dadas las dificultades del control de este nematodo. En general, se considera que los resultados de la solarización en el control de *Meloidogyne* spp. son muy variables. Algunos autores obtienen resultados satisfactorios (STAPLETON y De VAY, 1983; CENIS 1985) mientras que otros (KATAN, 1981) citan resultados inconsistentes. Aún cuando las larvas del nematodo mueren rápidamente en suelo solarizado (CENIS, 1986), la masas de huevos parecen sobrevivir bien a la elevada temperatura, debido probablemente a la protección de la matriz gelatinosa que los envuelve.

El control de *P. capsici* es satisfactorio, y esto confirma observaciones similares efectuadas en la misma zona. Posiblemente, lo superficial del inóculo de este hongo lo hace muy vulnerable al efecto de la solarización.

El efecto herbicida del acolchado es satisfactorio y duradero. No obstante, la naturaleza de las especies de maleza presentes tiene una importancia crítica en su eficacia. En presencia de algunas especies aparentemente termófilas tales como *Juncia* spp., la solarización es desaconsejable dado que produce una gran prolife-

ración de la misma tal como se ha observado repetidamente.

Los cambios en la concentración del sodio soluble podrían explicarse por el lavado del suelo producido por las intensas lluvias de octubre, ocurridas tras la retirada del plástico, y los riegos recibidos por el cultivo, que rebajan la aportación inicial del tratamiento con metam-sodio. Los cambios en la conductividad presentan una pauta similar, aunque son más difíciles de explicar debido a la influencia de otros iones no examinados. No obstante, en la disminución de la conductividad tras la solarización en comparación con el metam-sodio y el testigo, podría influir el hecho de que el acolchado impide la ascensión de sales por capilaridad hacia la parte superior del suelo, en contraste con lo que ocurre en las parcelas no acolchadas.

El conjunto de observaciones recogidas en el presente ensayo, pone de manifiesto dos hechos. Por una parte, la inviabilidad del cultivo sin la aplicación de algún tipo de tratamiento de suelo. Hacia el mes de mayo, la gran proliferación de malas hierbas, y la incidencia de *P. capsici*, obligaron a abandonar el cultivo. Otro hecho que se desprende de los datos anteriores es que la eficacia de la solarización es equiparable, cuando no superior, a la del metam-sodio. Dado que el coste de ambos tratamientos es similar, comprendido entre 10 y 17 pts/m² (CENIS et al 1985), la solarización puede resultar una alternativa ventajosa a las fumigaciones químicas, dada la limpieza a inocuidad de su funcionamiento.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la colaboración prestada por los propietarios de

la finca "La Llama" y los encargados de la misma, D. Vicente Pascual y D. Francisco Culiñez, sin la cual este trabajo no hubiera sido posible.

Bibliografía

- CENIS, J.L., 1985, Control del nematodo *Meloidogyne javanica* (Treub) Chit. mediante calor solar (Solarización) Anales INIA Vol Extra n.º 28, 121-130
- CENIS, J.L., 1986, Desarrollo de un enfoque cuantitativo de la solarización y aplicación al control del nematodo *Meloidogyne javanica* (Treub) Chit. Tesis Doctoral. ETSIA Universidad Politécnica de Madrid, 372 pp
- CENIS, J.L., MARIÑEZ, P.F., GONZÁLEZ-BENAVENTE, A., ARAGÓN, R., 1983, Primeros resultados de la solarización en el Campo de Cartagena. Proc. II Congreso Nacional de Fitopatología, Vitoria, pp 237-246
- CENIS, J.L., MARIÑEZ, P.F., GONZÁLEZ-BENAVENTE, A., ARAGÓN, R., 1985, Desinfección del suelo por energía solar (solarización) 16 pp C.R.I.A. Murcia
- CHEN, Y., KATAN, J., 1980, Effect of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. Soil Sci., 130 (5), 271-277
- EGLEY, G.H., 1983, Weed seed and seedling reductions by soil solarization with transparent polyethylene sheets. Weed Sci., 31, 404-409
- HOROWITZ, M., REGEV, Y., HERZLINGER, G., 1983, Solarization for weed control. Weed Sci., 31, 170-179
- KATAN, J., 1981, Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Ann Rev Phytopathol., 19, 211-236
- KATAN, J., 1987, Soil solarization. En: Innovative approaches to plant disease control, 77-105. Ed. I. Chet, John Wiley and Sons. London
- KATAN, J., GREENBERGER, A., ALON, H., GRINSTEIN, A., 1976, Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens. Phytopathology, 66, 683-688
- OOSTENBRINK, M., 1960, Estimating nematode populations by some selected methods. En: Nematology, 85-102. Ed. J.N. Sasser y W.R. Jenkins, The University of North Carolina Press. Chapel Hill

- PULLMAN, G.S., De VAY, J.E., GARBER, R.H., and WEINHOLD, A.R., 1981, Soil solarization: Effects on Verticillium wilt of cotton and soil-borne populations of *Verticillium dahliae*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* and *Thielaviopsis basicola* Phytopathology, 71, 954-959
- STAPLETON, J.J., De VAY, J.E., 1983, Response of phytoparasitic and freeliving nematodes to soil solarization and 1,3-dichloropropene in California Phytopathology, 73, 1429-1436
- STAPLETON, J.J., De VAY, J.E., 1984, Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth response Phytopathology, 74, 255-259
- STAPLETON, J.J., QUINCK, J., De VAY, J.E., 1985, Soil solarization: Effects on soil properties, crop fertilization and plant growth Soil Biol Biochem, 17 (3), 369-373
- TAYLOR, A.L., SASSER, J.N., 1978, Experimental and agronomic use of nematicides. 20 pp The North Carolina State University Press. Raleigh