

Comparación de la solarización con distintos desinfectantes de suelo en semillero de tabaco en Extremadura

J. J. MORENO, M.^a E. VERDEJO, A. ARIAS, J. A. PÉREZ y D. MARTÍNEZ DE VELASCO

Para buscar alternativas al principal desinfectante de suelo utilizado en semilleros de tabaco en Extremadura (bromuro de metilo), en las campañas de 1992-93 y 1993-94 se estudió en las Vegas del Tiétar (Cáceres, España) el comportamiento de la solarización y de varios desinfectantes químicos de suelo.

Se compararon distintos tipos de plástico: polietileno negro, transparente y tratado contra radiación UV solar; distinto grosor y la utilización de 1 ó 2 láminas de plástico.

Los desinfectantes químicos utilizados fueron: bromuro de metilo, metamsodio y dazomet. Se compararon dos épocas de aplicación (otoño y primavera) y dos tipos de sellado para el metamsodio (sólo riego y riego + lámina de polietileno).

Se valoró el grado de nodulación de la raíz (*Meloidogyne sp.*) y el efecto herbicida.

El menor incremento de temperatura con respecto al testigo se consiguió con el plástico negro (2,7-4,2 °C). Las solarizaciones con doble lámina elevaron la temperatura más que las de lámina simple, consiguiéndose el mayor aumento con la doble lámina de plástico tratado contra la radiación UV solar (6-6,7 °C), en la que se alcanzaron temperaturas máximas de hasta 52,1 °C.

Todos los desinfectantes químicos ensayados tuvieron una excelente eficacia contra nematodos y malas hierbas, sin grandes diferencias entre las aplicaciones otoñales y primaverales y los dos tipos de sellado del metamsodio.

Las solarizaciones con plástico transparente y plástico resistente a la radiación solar, en las distintas versiones ensayadas, tuvieron resultados variables, pero ninguna de ellas superó el 80% de eficacia contra nematodos y malas hierbas. La solarización con plástico negro se mostró claramente ineficaz.

J. J. MORENO, M.^a E. VERDEJO, A. ARIAS, J. A. PÉREZ y D. MARTÍNEZ DE VELASCO: Servicio de Sanidad Vegetal. Junta de Extremadura. C/ Alfonso VIII, n.º 19, 4.º K. 10600 Plasencia (Cáceres).

Palabras clave: *Meloidogyne sp.*, malas hierbas, solarización, desinfectantes de suelo, tabaco, semillero.

INTRODUCCIÓN

La desinfección del semillero para producir plantas sanas que puedan desarrollar todo su potencial productivo una vez trasplantadas, es una práctica común y obligada en el cultivo de tabaco. El producto utilizado de modo preferente es el bromuro de metilo 98% + cloropicrina 2%, que si bien muestra una eficacia excepcional en el control de nematodos, hierbas y hongos

de suelo, se encuentra en entredicho por los problemas ambientales y toxicológicos que plantea. Por otra parte, su eficacia se ve afectada por las condiciones climáticas del momento de la aplicación (temperatura y humedad del suelo) y debido a que se concentra en un corto período de tiempo (final de febrero-principio de marzo) puede suponer una desinfección imperfecta por unas condiciones inadecuadas en ese momento.

Todos estos problemas animan a buscar soluciones alternativas al tratamiento con bromuro de metilo. Entre las posibles soluciones se encuentra la desinfección por calentamiento solar del suelo (solarización). Esta técnica, utilizada por primera vez en Israel (KATAN *et al.*, 1976), consiste en cubrir el suelo con plástico en épocas de máximas temperaturas, preparando el terreno previamente con esmero, dejándolo libre de terrones y restos vegetales y regando abundantemente para facilitar la transmisión de calor en el suelo. Con ella se consigue aumentar la temperatura del suelo, lo que provoca la muerte de multitud de organismos nocivos y por tanto la disminución de sus poblaciones. Desde entonces se ha venido experimentando en numerosos países de clima cálido con resultados dispares.

Se han mostrado sensibles a la solarización hongos pertenecientes a los géneros *Bipolaris*, *Didymella*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pyrenochaeta*, *Pythium*, *Rosellinia*, *Sclerotinia*, *Sclerotium* y *Verticillium* (CENIS, 1991).

Se han citado numerosas malas hierbas anuales controladas por la solarización: *Amaranthus*, *Avena*, *Capsella*, *Chenopodium*, *Datura*, *Digitaria*, *Echinochloa*, *Portulaca*, *Solanum*, *Xanthium*, etc., resultando menos eficaz contra las especies vivaces, llegando incluso a favorecer a algunas como *Cyperus sp.*

Entre los nematodos cuyo control mediante solarización ha resultado eficaz en algún momento se pueden citar los géneros *Ditylenchus*, *Globodera*, *Helicotilenchus*, *Heterodera*, *Meloidogyne*, *Paratrichodorus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Tylenchulus* y *Xiphinema*, entre otros (GAUR y PERRY, 1991). En concreto, contra *Meloidogyne sp.* se ha experimentado frecuentemente en los últimos 15 años. En algunos casos la solarización tuvo resultados positivos, llegando a ser tan efectiva como la fumigación con bromuro de metilo (CARTIA *et al.*, 1991). En otros casos fue necesaria la aplicación de esta técnica en el interior de un invernadero y con doble lámina de polietileno para con-

seguir una eliminación suficiente de nematodos (KIM y HAN, 1988).

En otros ensayos los resultados no fueron satisfactorios, consiguiéndose disminuciones de nematodos pero no suficientes para contener el daño producido por los mismos (TACCONI *et al.*, 1993, MAZZA *et al.*, 1994, GAMLIEL y STAPLETON, 1993). Incluso en un ensayo realizado en Italia en semillero de tomate, la infección de las parcelas solarizadas resultó similar a la del testigo. (NOTO *et al.*, 1993). Estos fracasos tuvieron lugar fundamentalmente en zonas no excesivamente cálidas como Italia y California.

En España la solarización se viene experimentando desde los años 80 con resultados diversos al igual que en el resto del mundo. Respecto a los hongos del suelo numerosos ensayos han resultado con éxito contra *Rhizoctonia solani*, *Verticillium dahliae*, *Sclerotium cepivorum*, *Fusarium oxysporum* (CENIS, 1984; MELERO *et al.*, 1989), entre otros. También se ha comprobado la eficacia de la solarización contra nematodos como *Meloidogyne javanica* en tomate (CENIS, 1985). Pero en otros casos la desinfección del suelo fue insuficiente. Así, en un ensayo realizado en invernadero en Alicante, la solarización resultó eficaz en el control de malas hierbas y *Phytophthora capsici* pero poco efectiva respecto a *Meloidogyne sp.* (CENIS y FUCHS, 1988). En diferentes ensayos se ha comprobado su efecto herbicida, mostrando diferencias significativas entre las malas hierbas de las parcelas solarizadas y las del testigo (DALMAU *et al.*, 1993, LÓPEZ *et al.*, 1993).

En Extremadura, recientemente se han realizado ensayos en invernadero de lechuga y melón y al aire libre en semilleros de tomate contra *M. incognita*, con resultados positivos en ambos casos (MEJIAS *et al.*, 1995a y 1995b).

Con objeto de buscar alternativas al tratamiento con bromuro de metilo en semillero de tabaco, se plantearon dos ensayos en 1992 y 1993 en los que se comparaba la eficacia nematicida y herbicida del bromuro de metilo con otros desinfectantes de suelo

(metam sodio y dazomet), aplicados en dos fechas (noviembre y febrero) y con la solarización con distintos tipos de plástico.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo de 1992 se llevó a cabo en el paraje «Miramontes», término municipal de Talayuela y el de 1993 en «La Bobadilla», término municipal de Jaraíz de la Vera. Ambos se encuentran situados en las Vegas del Tiétar. En las dos parcelas se había cultivado tabaco en la campaña anterior y sus plantas presentaban al final del cultivo una fuerte nodulación en las raíces debida al nematodo *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood en el ensayo de 1992 y a *M. arenaria* (principalmente) y *Meloidogyne incognia* (Kofoid & White) Chitwood en el de 1993.

Diseño del ensayo

El diseño elegido fue de bloques al azar con 10 tratamientos y 6 repeticiones en ambos casos.

La parcela elemental fue de 11,25 m² (5 × 2,25) (fig. 1). En la banda central de 1,25 m



Fig. 1.—Parcela de los ensayos solarizada con plástico transparente (Foto: J. J. Moreno).

de ancho se sembró tabaco Virginia de la variedad K-326.

La mitad de cada una de las parcelas se trató con el herbicida difenamida (ENIDE) para permitir un correcto desarrollo de las plantas y valorar posteriormente el ataque de nematodos; además, en esta mitad, se realizó escarda manual de las malas hierbas que habían escapado al herbicida (fig. 2)

Tratamientos comparados

Los tipos de plástico y productos ensayados, así como sus dosis y momentos de aplicación se resumen en los cuadros 1 y 2. En 1992 se ensayaron el plástico transparente de 400 galgas y el negro de 600. En el año siguiente se introdujeron los de larga duración, tratados contra la radiación ultravioleta, ya que los transparentes se deterioraron y debieron ser sustituidos 45 días después de su colocación. Además se introdujeron tesis con doble lámina para conseguir mayores temperaturas.

En 1992 se aplicaron los productos desinfectantes (bromuro de metilo + cloropicrina, dazomet y metamsodio) en 2 momentos (noviembre y febrero) para comparar las diferencias entre ambos momentos.



Fig. 2.—Parcela de semillero donde se trató la mitad con herbicida (Foto: J. J. Moreno).

Cuadro 1.—Características de los productos y plásticos, dosis y momento de aplicación. Ensayo 1992-93

Tratamiento	Producto comercial	Toxicología y plazo para siembra	Dosis prod. comercial (por 100 m ²)	Fecha de aplicación	Fecha de aireación
1. Solarización: Polietileno negro de 600 galgas	—	—	—	18-6-92	—
2. Solarización: Polietileno transparente de 400 galgas	—	—	—	18-6-92	—
3. Dazomet 98% GR en otoño	Basamid G de Basf	Xn (AC) Prueba lechuga	6 kg	5-11-92	12-3-93
4. Metam-Sodio 50% p/v LS en otoño	Solasan-50 de Rhône Poulenc	B (BB) 20 días	20 l	16-11-92	12-3-93
5. Bromuro de metilo 98% + Cloropicrina 2% FG en otoño	Metabrom de Edefi	T + (100) Prueba lechuga	6 kg	6-11-92	12-3-93
6. Dazomet 98% gr en primavera	Basamid G de Basf	Xn (AC) Prueba lechuga	6 kg	8-2-93	22-2-93
7. Metam-Sodio 50% p/v LS en primavera	Solasan-50 de Rhône Poulenc	B (BB) 20 días	20 l	5-3-93	18-3-93
8. Bromuro de metilo 98% + cloropicrina 2% FG en primavera	Brom gas de Atochem	T + (00) Prueba lechuga	6 kg	18-3-93	23-3-93
9. Terreno sin malas hierbas	—	—	—	—	—
10. Testigo	—	—	—	—	—

Cuadro 2.—Características de los productos y plásticos, dosis y momento de aplicación. Ensayo 1993-94

Tratamiento	Producto comercial	Toxicología y plazo para siembra	Dosis prod. comercial (por 100 m ²)	Fecha de aplicación	Fecha de aireación
1. Solarización: Polietileno transp. 1 lámina 200 galgas	—	—	—	23-6-93	—
2. Solarización: Polietileno transp. 2 láminas 200 galgas	—	—	—	23-6-93	—
3. Solarización: Polietileno transp. 1 lámina 400 galgas	—	—	—	23-6-93	—
4. Solarización: Polietileno larga duración 1 lámina 400 galgas	—	—	—	7-7-93	—
5. Solarización: Polietileno larga duración 2 láminas 400 galgas	—	—	—	7-7-93	—
6. Bromuro de metilo 98%+ cloropicrina 2% FG	Agrobromo 98 de Agroquímicos de Levante	T+(00) Prueba de lechuga	6 kg	4-3-94	8-3-94
7. Metam-Sodio 50% p/v LS sellado con plástico	Solasan 50 de Rhône Poulenc	Xn (BB) Prueba de lechuga	20 l	18-2-94	1-3-94
8. Metam-Sodio 50% p/v LS sellado con riego	Solasan 50 de Rhône Poulenc	Xn (BB) Prueba de lechuga	20 l	18-2-94	1-3-94
9. Terreno sin malas hierbas	—	—	—	—	—
10. Testigo	—	—	—	—	—

En 1993 se compararon 2 formas de sellar el tratamiento de metamsodio: sólo con riego o bien cubriéndolo además con una lámina de polietileno.

En ambos ensayos se planteó una tesis dejando la flora espontánea y otra eliminándola periódicamente con objeto de cuantificar la supervivencia de los nematodos *Meloidogyne sp.* sin plantas huéspedes.

Técnica de aplicación de la solarización y los productos

Tras una labor de alzar con vertedera, se retiraron los restos de tabaco y malas hierbas y se gradeó para alisar el terreno. Posteriormente se cortaron las eras con azada y se alisaron con un rastrillo manual.

En 1992 no se regó, como estaba previsto, antes de colocar los plásticos ya que las copiosas lluvias de los días anteriores lo hicieron innecesario. En 1993 sí se aplicó este riego.

Los plásticos se colocaron lo más unidos posible a la superficie del suelo y se enterraron los bordes por los cuatro laterales de las eras para evitar pérdidas de calor. Aproximadamente un mes después se volvió a regar abundantemente.

El dazomet se distribuyó de forma manual a voleo, incorporándose a continuación con dos pases de motoazada y se selló con una lámina de polietileno de 400 galgas.

El metamsodio se distribuyó disuelto en agua con regadera, incorporándose con un riego de aproximadamente 10 l/m². En 1992 se selló con una lámina de polietileno de 400 galgas. En 1993 un tratamiento se selló con plástico y otro sólo con riego.

El bromuro de metilo + cloropicrina se aplicó mediante un bote por parcela elemental, las cuales previamente habían sido cubiertas con una lámina de polietileno transparente de 400 galgas.

Medición de las temperaturas alcanzadas

Las temperaturas de suelo se midieron en una parcela de cada uno de los tratamientos

de solarización y del testigo, con un termómetro digital electrónico que registra la temperatura cada 30 minutos (fig. 3).

En 1992 se registraron las temperaturas en superficie, a 10 cm, a 25 cm, a 35 cm y a 50 cm. En 1993 se registraron a 10 y 30 cm.

Con estos datos se determinaron las temperaturas máximas, mínimas y medias en cada tratamiento, así como el número de horas consecutivas y totales en que las temperaturas se mantuvieron por encima de 30, 35 y 40 °C.

Valoración del grado de nodulación en las plantas de tabaco

En cada parcela se colocaron 3 cuadrados de alambre de 25 cm de lado y se valoraron todas las plantas de su interior, incluidas las que se habían quedado pequeñas por el ataque de nematodos. El resto hasta completar 200 plantas por parcela se tomaron al azar.

Para realizar la valoración se introdujeron las raíces en un vaso de vidrio transparente con agua, de este modo se separaban y podían observarse con mayor nitidez. Con los datos obtenidos se determinó el porcentaje de plantas con algún nódulo y el grado de ataque según la escala:

0 - Raíz completamente sana.

1 - Raíz con pocos nódulos pequeños y difíciles de ver.

2 - Raíz con pocos nódulos pero claramente visibles.

3 - Raíz con muchos nódulos claramente visibles.

Para ponderar el ataque se calculó el índice de ataque en la raíz (IAR) utilizando la fórmula:

$$IAR = \sum(n_i \cdot x_i^2/n)$$

n_i = n° de plantas con ataque x_i

x_i = grado de ataque de la planta según escala (0-3)

n = n° de plantas valoradas por parcela



Fig. 3.—Termómetro digital electrónico utilizado para medir la temperatura del suelo (Foto: J. J. Moreno).



Fig. 4.—Plántula de tabaco con nódulos de *Meloidogyne* sp. (Foto: J. J. Moreno).

Valoración del efecto herbicida

Se determinó el número total de malas hierbas por metro cuadrado y el de cada una de las especies más abundantes. Para ello se contaron las hierbas del interior de un cuadrado de alambre de 25 cm. de lado que se colocó en un lugar fijo dentro de cada parcela 3 veces el primer año y 5 el segundo .

Análisis de resultados

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza y test LSD.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperaturas

Los termómetros funcionaron correctamente en las dos campañas utilizados. Una prueba indirecta de ello es el paralelismo entre profundidades y temperaturas (figs. 5, 6 y 7).

En 1992 las mayores temperaturas medias se consiguieron con el plástico transparente, con aumentos respecto al testigo entre 6, 4 y 5,4 °C, mientras que con el plástico negro el incremento fue de 2,7 a 4,2 °C (fig. 6). Se

alcanzaron unas temperaturas máximas con el plástico transparente de 51,1, 41, 39 y 35,7 °C para 10, 25, 35 y 50 cm de profundidad; con el plástico negro fueron 46,3, 38,2, 36 y 32,9 °C respectivamente. Este mayor aumento de temperatura conseguido con el plástico transparente respecto al negro, coincide con los resultados obtenidos por numerosos autores.

En 1993 la máxima temperatura media la produjo la doble lámina del plástico de larga duración de 400 galgas superando al testigo en 6,7 °C a 10 cm. y 6,0 °C a 30 cm. Le siguió la doble lámina de plástico transparente de 200 galgas (5,5 y 5,1 °C). El menor incremento se consiguió con una sola lámina de polietileno transparente de 200 galgas (4,5 y 3,8 °C) (fig. 6). En general, el incremento de temperatura conseguido con 2 láminas de plástico superó en 1-1, 1 °C al conseguido con una sola lámina, lo que coincide con algunos autores (GARIBALDI, 1987). Los aumentos de temperatura de las parcelas solarizadas con respecto a los testigos, son similares a los obtenidos en otro ensayo realizado en Extremadura al aire libre en 1992 (MEJIAS *et al.*, 1995b). La máxima temperatura absoluta también fue alcanzada con la doble lámina de plástico de larga duración: 52,1 °C a 10 cm y 40,2 a 30 cm de profundidad.

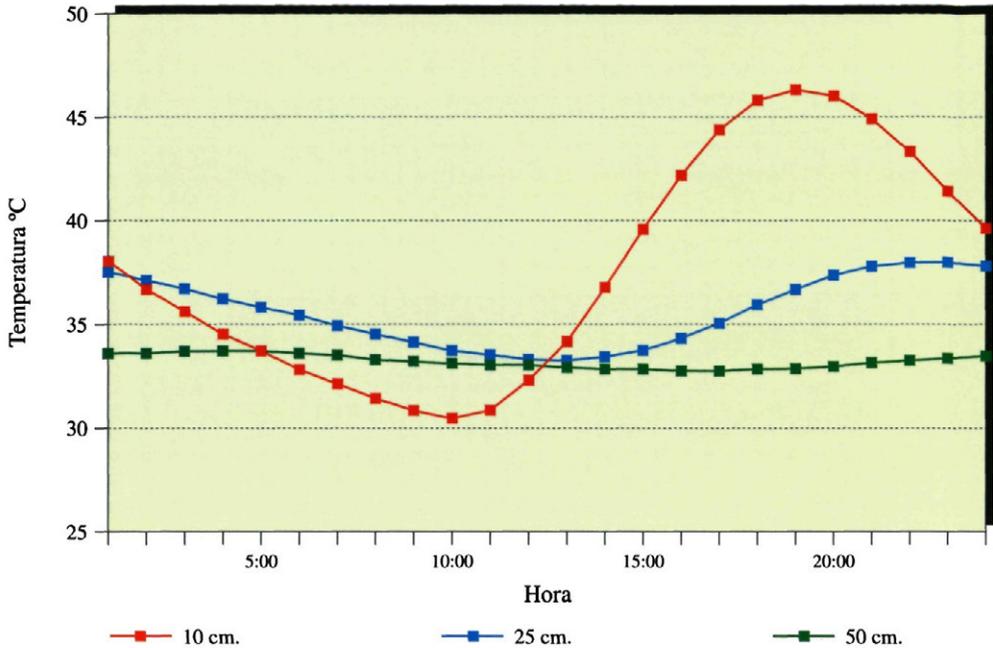


Fig. 5.—Media de las temperaturas cada hora a lo largo del día a diferentes profundidades, en plástico transparente. Datos medios entre el 15 de julio y el 14 de agosto de 1992. Al aumentar la profundidad se aprecia una disminución de la oscilación de temperaturas a lo largo del día.

En el cuadro 3 se indica el número de horas en que las temperaturas superaron los 30, 35 y 40 °C. Cabe destacar las 116 horas consecutivas con temperaturas superiores a 35 °C a 25 cm de profundidad, en las parcelas con plástico transparente en 1992 y las 193 horas con doble lámina de plástico de larga duración a 30 cm en 1993. También es reseñable el elevado número de horas, en ambos años, con temperaturas superiores a esa cifra, considerada como el límite a partir del cual las temperaturas son letales para la mayoría de los nematodos (BIRD y WALLACE, 1965).

Temperaturas superiores a 30 °C, sin ser directamente letales, si se mantienen durante bastante tiempo resultan perjudiciales para los nematodos, reduciendo drásticamente sus poblaciones. (CENIS, 1985). En todas las profundidades de las parcelas solarizadas con plásticos transparentes o con

plásticos de larga duración se registraron más de 1.000 horas con temperaturas superiores a dicha cifra.

Duración de los plásticos

Mientras los plásticos transparentes se deterioraron aproximadamente a los 45 días de ser colocados, los de larga duración resistieron perfectamente hasta el momento de preparar el semillero (7 meses).

Ataque de nematodos

En ambos ensayos los desinfectantes químicos tuvieron una eficacia ABBOT muy alta, sin diferencias entre las aplicaciones otoñales o primaverales (cuadros 4 y 5 y figs. 8 y 9). Tampoco se encontraron entre el

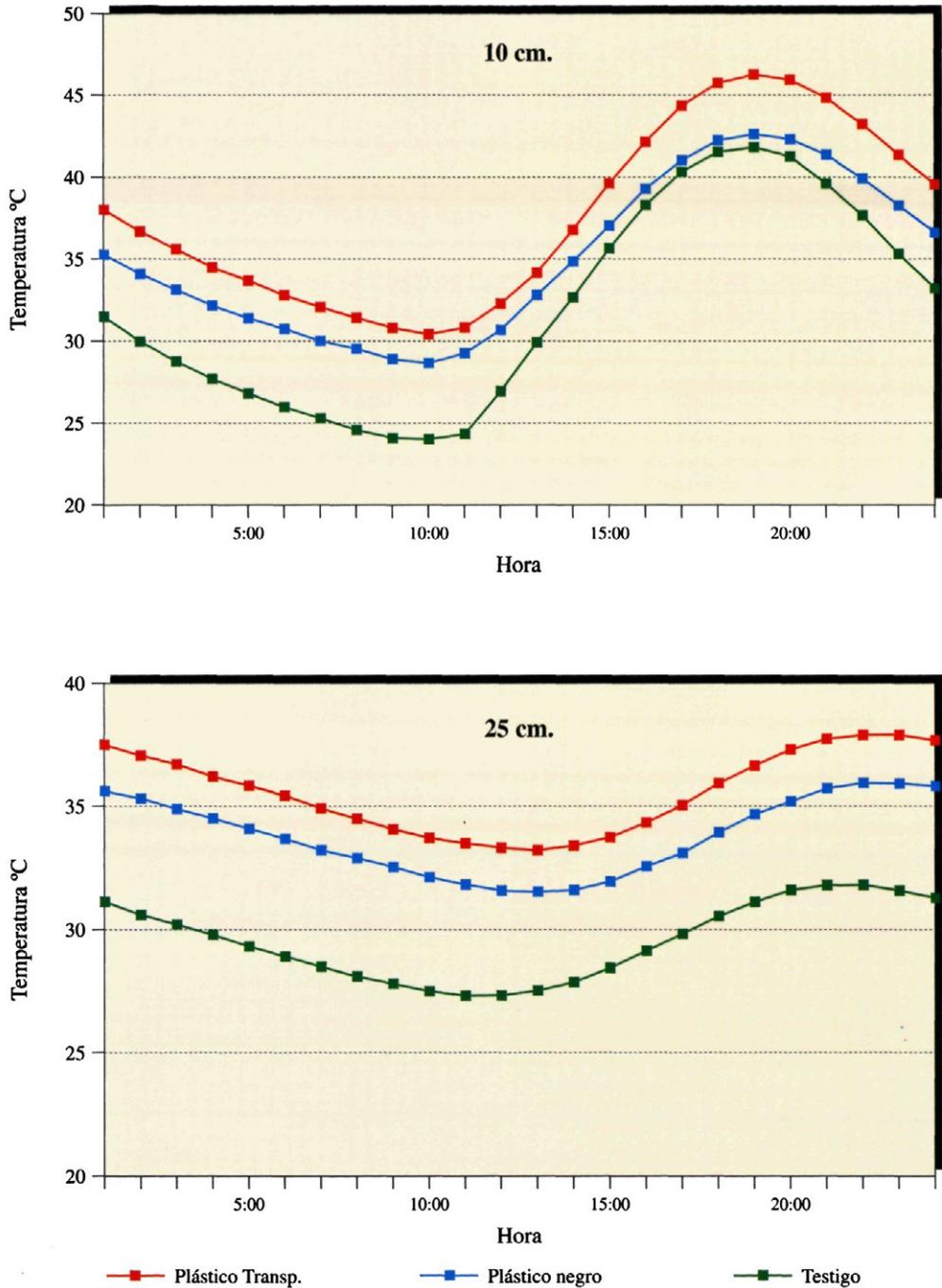
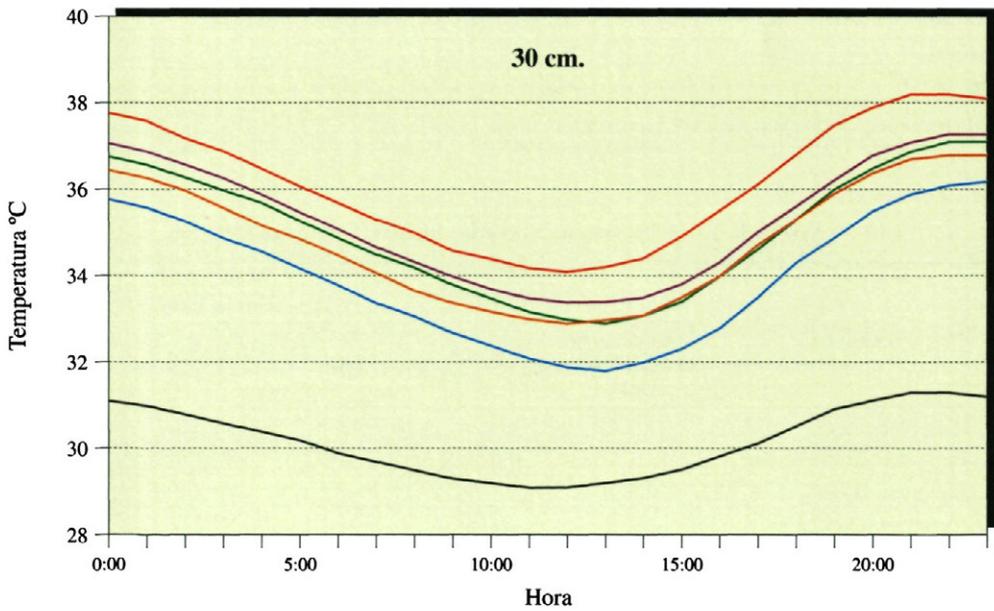
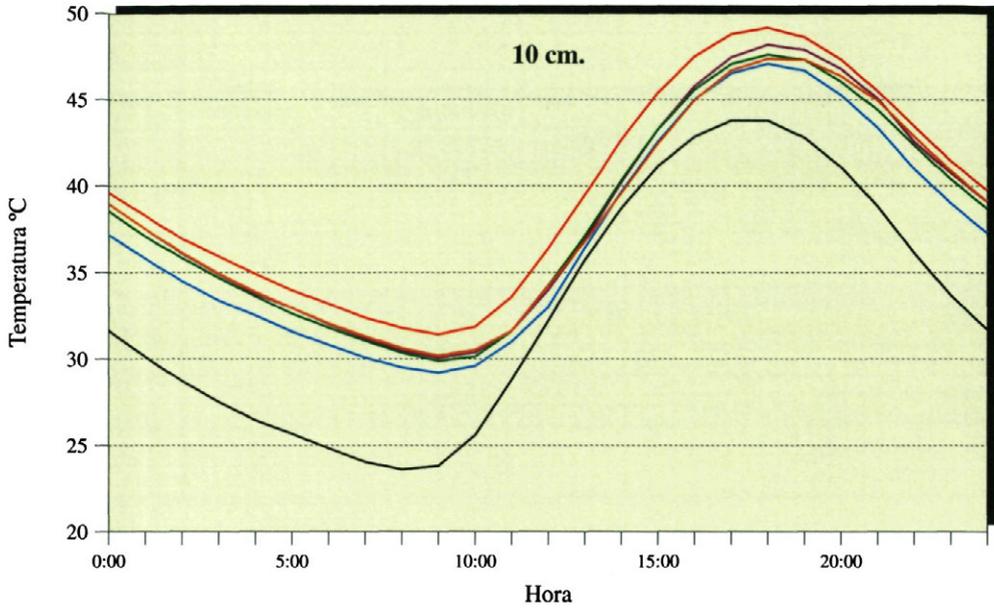


Fig. 6.-Variación de temperaturas a lo largo del día según las solarizaciones de la campaña 1992-93, a las profundidades de 10 y 25 cm. Datos medios entre el 15 de julio y el 14 de agosto.



- | | | |
|---------------------|-----------------------|---------------------|
| — 1 lam. 200 galgas | — 1 lam. larga durac. | — 1 lam. 400 galgas |
| — 2 lam. 200 galgas | — 2 lam. larga durac. | — Testigo |

Fig. 7.-Variación de temperaturas a lo largo del día según las solarizaciones de la campaña 1993-94, a las profundidades de 10 y 30 cm. Datos medios entre el 15 de julio y el 14 de agosto.

Cuadro 3.-N.º de horas con temperaturas superiores a 30, 35 y 40 °C según profundidad del suelo

Tratamiento	Profundidad	>30 °C		>35 °C		>40 °C	
		Totales	Máximas consecutivas	Totales	Máximas consecutivas	Totales	Máximas consecutivas
Ensayo 1992-93 (1)							
Plástico negro 600 galgas	10 cm	1.461,5	93,5	800,0	15,5	302,5	9,0
	25 cm	1.534,5	543,5	274,5	15,0	0	0
Plástico transparente 400 galgas	10 cm	1.568,0	330,0	977,0	19,5	490,0	12,0
	25 cm	1.610,0	932,0	617,0	116,0	24,0	6,0
Testigo	10 cm	878,0	17,5	456,5	10,5	166,0	7,0
	25 cm	455,0	18,0	0	0	0	0
Ensayo 1993-94 (2)							
Plástico transparente 1 láminas 200 galgas	10 cm	1.103,5	185,5	625,0	17,5	337,0	11,0
	30 cm	1.138,0	937,5	227,0	17,5	0	0
Plástico transparente 2 láminas 200 galgas	10 cm	1.091,5	167,0	636,5	16,0	372,0	11,0
	30 cm	1.115,5	1.070,5	481,5	16,5	0	0
Plástico transparente 1 lámina 400 galgas	10 cm	1.085,0	166,5	604,0	16,5	357,5	10,5
	30 cm	1.088,0	1.002,0	405,5	21,0	0	0
Plástico larga duración 1 lámina 400 galgas	10 cm	1.331,0	382,5	725,0	16,5	386,0	11,0
	30 cm	1.213,5	1.025,5	380,5	15,5	0	0
Plástico larga duración 2 láminas 400 galgas	10 cm	1.344,5	408,0	814,0	21,5	469,5	13,5
	30 cm	1.301,5	1.161,0	619,5	193,0	8,5	4,5
Testigo	10 cm	765,0	16,5	462,0	11,5	213,5	8,0
	30 cm	599,5	71,0	0	0	0	0

(1) Datos entre el 24 de junio y el 24 de septiembre de 1992.

(2) Datos entre el 11 de julio y el 30 de septiembre de 1993.

Cuadro 4.-Eficacias nematocidas y herbicidas. Campaña 1992-93

Tratamiento	Efecto nematocida		Efecto herbicida (Eficacia Abbott %)		
	Índice de ataque en raíz (Eficacia Abbot %)	% plantas con nematodos	Total	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>
1. Polietileno negro	7,5 A	41,1 A	89,3 B	86,6 B	79,3 BC
2. Polietileno transparente	55,6 AB	31,3 AB	95,2 BC	93,2 B	93,1 CD
3. Dazomet en otoño	88,8 B	13,6 BC	99,8 C	99,8 B	100 D
4. Metamsodio en otoño	100 B	0 C	99,9 C	99,9 B	100 D
5. Bromuro de metilo en otoño	100 B	0 C	99,7 C	99,9 B	99,4 D
6. Dazomet en primavera	90,9 B	1,2 C	99,6 BC	99,6 B	99,6 D
7. Metamsodio en primavera	100 B	0,1 C	99,9 C	100 B	99,9 D
8. Bromuro de metilo en primavera	100 B	0 C	99,7 C	99,9 B	99,5 D
9. Terreno sin malas hierbas	A	54,5 A	BC	B	B
10. Testigo	A	54,8 A	A	A	A

Son significativamente diferentes los tratamientos que difieren en todas sus letras.

Cuadro 5.-Eficacias nematocidas y herbicidas. Campaña 1993-94

Tratamiento	Efecto nematocida		Efecto Herbicida		
	Índice de ataque en raíz (Eficacia Abbott %)	% plantas con nematodos	Total	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>
1. Plástico transparente 1 láminas 200 galgas	67,5 CD	24,3 CD	25,1 BC	7,0 B	66,3 C
2. Plástico transparente 2 láminas 200 galgas	46,2 BCD	24,4 CD	79,4 DE	76,9 CD	86,8 C
3. Plástico transparente 1 láminas 400 galgas	80,3 CD	11,3 DE	70,7 CDE	72,4 CD	66,8 C
4. Plástico larga duración 1 lámina 400 galgas	21,4 BC	37,8 BC	33,0 BCD	17,8 BC	80,5 C
5. Plástico larga duración 2 láminas 400 galgas	57,3 BCD	30,3 CD	66,7 CDE	59,8 BCD	84,2 C
6. Bromuro de metilo	100 D	0 E	98,9 E	99,6 D	97,9 C
7. Metamsodio sellado con plástico	100 D	0,1 E	99,2 E	99,6 D	100 C
8. Metamsodio sellado sin riesgo	100 D	0 E	90,7 E	87,4 D	98,4 C
9. Terreno sin malas hierbas	A	60,9 A	B	B	B
10. Testigo	AB	53,3 AB	A	A	A

Son significativamente diferentes los tratamientos que difieren en todas sus letras.

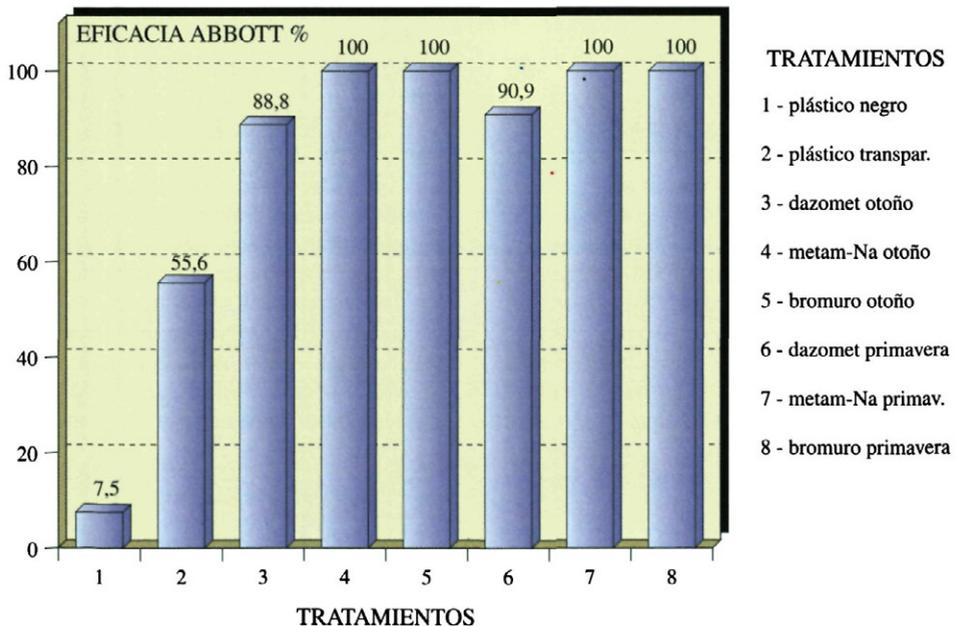


Fig. 8.-Eficacia nematocida en 1992-93 para cada tratamiento.

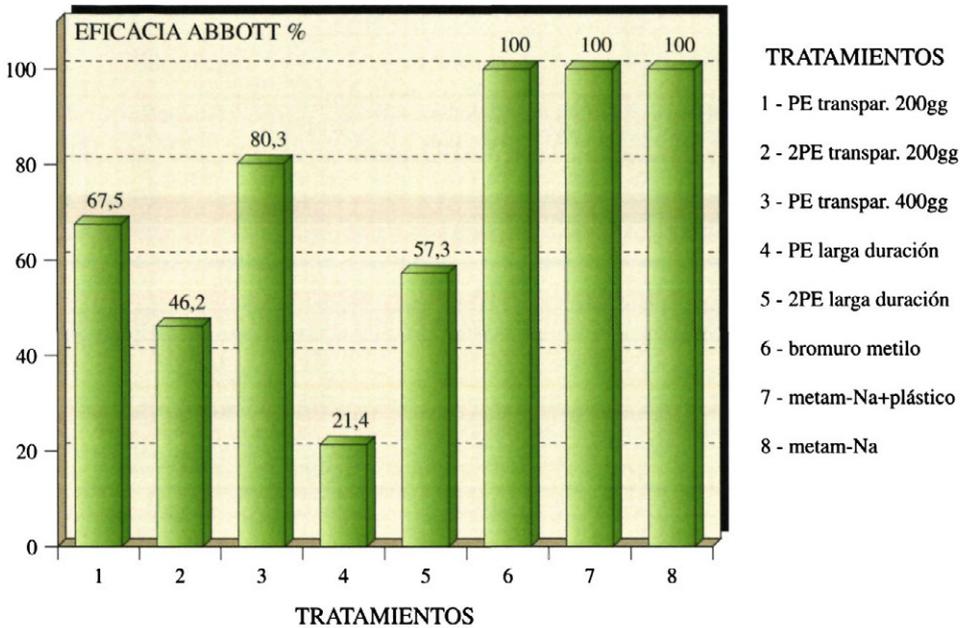


Fig. 9.-Eficacia nematocida en 1993-94 para cada tratamiento.

sellado del tratamiento de metamsodio con lámina de plástico o sólo con riego. No obstante, las plantas de tabaco de las parcelas tratadas con este producto, en primavera el primer año y las selladas con plástico el segundo, sufrieron un retraso en su desarrollo achacable a una aireación insuficiente, debida a la bajas temperaturas de ese período.

La eficacia de la solarización con plástico negro fue muy baja, mejorando apenas al testigo, lo que coincide con otros autores. La del resto de los plásticos fue muy variable (entre el 20 y el 80%), sin estar claramente relacionadas con las temperaturas alcanzadas en el período de solarización. El número de plantas con algún nódulo en la raíz varió entre el 11,3% del plástico transparente de 400 galgas y el 37,8% del plástico de larga duración de 400 galgas, valores ligeramente superiores a los obtenidos por Mejías y colaboradores en semillero de tomate en 1992. No obstante, esta eficacia inferior pudo ser debido a que en los ensayos

en tomate la especie dominante fue *M. incognita* y en éstos lo fue *M. arenaria*, cuyas larvas según WALKER (1960, en C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes. Set 5, No 62: *Meloidogyne arenaria*) tienen mayor tolerancia al calentamiento que las larvas de *M. incognita* y *M. javanica*. En cualquier caso, estas eficacias no pueden considerarse suficientes para recomendar esta técnica en la desinfección de terrenos destinados a semillero de tabaco.

No hubo diferencias entre el testigo con flora espontánea y el que se mantuvo libre de ella, por tanto los nematodos sobrevivieron sin planta huésped más de 15 meses.

Efecto herbicida

La eficacia herbicida de los desinfectantes químicos volvió a ser muy superior a la de la solarización con cualquier tipo de plástico ensayado; no obstante, la del metamsodio

sellado sólo con riego fue ligeramente inferior al resto (90,7%) (cuadros 4 y 5 y figs. 10 y 11). El plástico negro no fue eficaz y el resto tuvo eficacias variables, entre el 25,1 y el 79,4%, siendo en general más efectivos contra *Digitaria sanguinalis* que contra *Portulaca oleracea*, principales hierbas que aparecieron en el ensayo

CONCLUSIONES

La solarización con plásticos transparentes y plásticos resistentes a la radiación UV solar en las distintas versiones ensayadas (distinto grosor y utilización de una o dos láminas) tuvieron resultados variables, pero en cualquier caso ninguna de ellas superó el 80% de eficacia contra nematodos y malas hierbas. Estas eficacias no son suficientes para poder recomendar la solarización como único desinfectante de suelo en los semille-

ros de tabaco, aunque no se descarta su posible utilización en combinación con otras técnicas.

Con el plástico negro se consiguió un incremento de temperatura con respecto al testigo bastante inferior que con el resto de plásticos. Las solarizaciones con doble lámina elevaron la temperatura más que los de lámina simple, siendo la mayor la alcanzada por la doble lámina del plástico tratado contra la radiación UV solar.

El bromuro de metilo y el metamsodio tuvieron una excelente eficacia contra nematodos y malas hierbas, no encontrándose diferencias entre la aplicación en otoño o en primavera. No obstante, las plantas de las parcelas desinfectadas con metamsodio en primavera sufrieron un retraso vegetativo los dos años del ensayo, debido a una aireación insuficiente por las bajas temperaturas de la época en que se aplicó. Este producto no varió su efecto nematicida, a las dosis

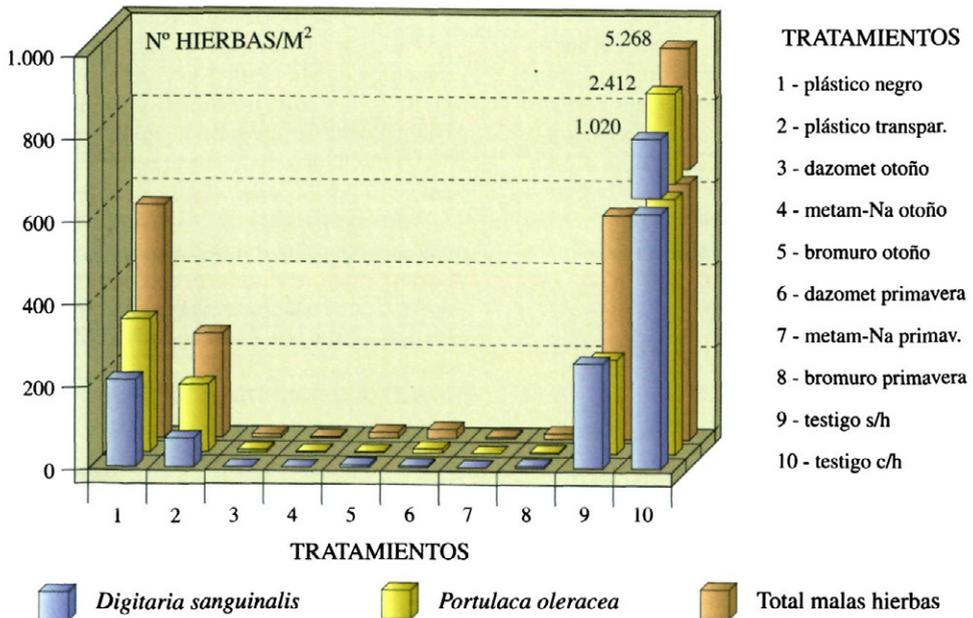


Fig. 10.—Efecto herbicida en 1992-93: N.º total de malas hierbas de las especies más importantes, por m².

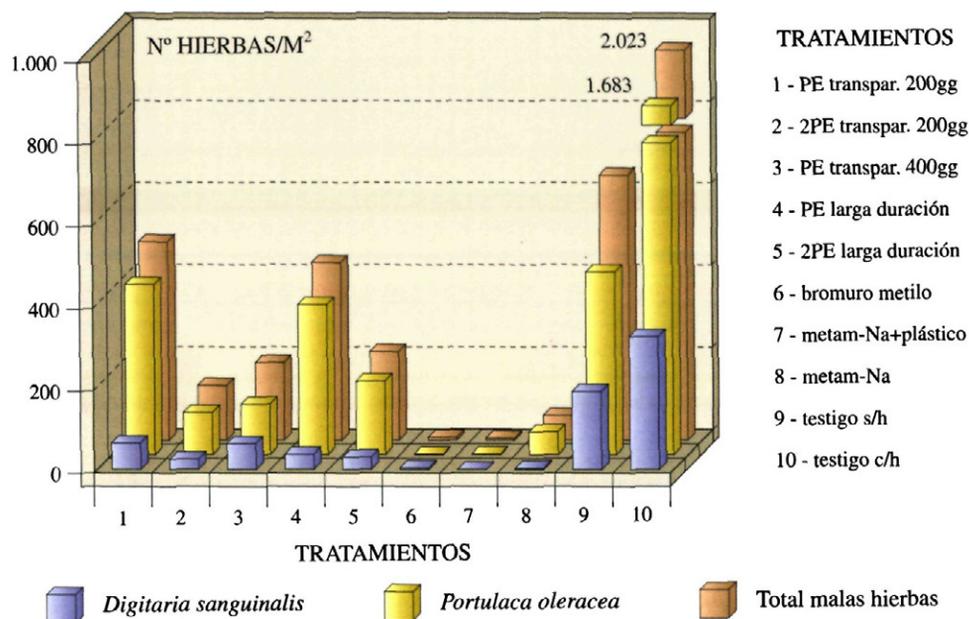


Fig. 11.—Efecto herbicida en 1993-94: N.º total de malas hierbas de las especies más importantes, por m².

ensayadas, al ser sellado con plástico o sólo con riego; sin embargo su efecto herbicida se vió ligeramente reducido en este último caso. El dazomet se comportó como herbicida de modo similar a los anteriores, pero tuvo una eficacia nematicida ligeramente inferior.

Mantener el suelo limpio de malas hierbas durante un año no disminuyó el grado de ataque de nematodos en las plantas del semillero puesto a continuación.

AGRADECIMIENTOS

Estos trabajos se realizaron en el marco de un Convenio de colaboración entre la Compañía Española de Tabaco en Rama, S.A. (CETARSA) y la Dirección General de

Producción, Investigación y Formación Agraria de la Junta de Extremadura. Agradecemos a esta empresa, y en especial a D. Heliodoro Pérez Carbonell y D. Inocencio Blanco Martín su continua colaboración.

A Dña. Guadalupe Espárrago por la identificación de las especies de nematodos.

A los propietarios y empleados de las fincas por ponerlas a nuestra disposición y por su cooperación al desarrollo de los ensayos.

Al Centro Meteorológico Territorial de Extremadura por cedernos los termómetros de suelo.

A D. Ceferino Díaz Campos por su colaboración en los trabajos de campo.

A D. Francisco Javier Sánchez Pascasio por la mecanografía de este trabajo.

A Dña. Teresa García Becedas por su ayuda a la hora de elaborar los gráficos.

ABSTRACT

MORENO, J. J., M.º E. VERDEJO, A. ARIAS, J. A. PÉREZ y D. MARTÍNEZ DE VELASCO, 1997: Comparación de la solarización con distintos desinfectantes de suelo en semilla de tabaco en Extremadura. *Bol. San. Veg. Plagas*, **23**(3): 423-438.

In order to look for alternatives to the first soil desinfectant used in tobacco seedbed in Extremadura (methyl bromide), during the 1992-93 and 1993-94 cropyears in Cáceres (Spain) the effect of soil solarization and some chemical soil desinfectants was studied.

Different types of plastic were compared: black, transparent and treated against solar UV radiation polyethylene; several thickness and utilization of single or double layers of plastic sheets.

The chemical desinfectants used were: methyl bromide, metam sodium and dazomet. Two application seasons (autumn and spring) and two seal models for the metam sodium (only with irrigation and irrigation + polyethylene sheet) were compared.

The degree of root-knot (*Meloidogyne sp.*) and the effect on weeds were evaluated.

The lower increase of temperature in relation to the control was obtained by the black plastic (2.7 to 4.2 °C). The double layers raised the temperature more than the single ones; the highest temperature increase was reached by double layer of plastic sheet treated against solar UV radiation (6 to 6.7 °C), where maximum temperatures came to 52.1 °C.

All chemical desinfectants tested were highly effective controlling nematodes and weeds, without great differences between autumn and spring application and both types of metam sodium sealed.

Transparent plastic and treated against solar UV radiation plastic soil solarizations, in the different versions tested, had variable results but none of them exceeded the 80% efficacy against nematodes and weeds.

Black plastic solarization was clearly ineffective.

REFERENCIAS

- BIRD, A. F. y WALLACE, H. R., 1965: The influence of temperature on *Meloidogyne hapla* and *Meloidogyne javanica*. *Nematologica*, **11**: 581-589.
- CARTIA, G.; GRECO, N. y CIRVILLERI, G., 1991: Soil solarization in a plastic house. *FAO Plant Production and Protection Paper*, **109**: 266-275.
- CENIS, J. L.; MARTÍNEZ, R. F.; GONZÁLEZ, A. y ARAGÓN, R., 1984: Ensayo de control de *Verticillium dahliae* y *Rhizoctonia solani* mediante desinfección solar en el campo de Cartagena. *Actas III Congreso Nacional de Fitopatología*: 107.
- CENIS, J. L., 1985: Control del nematodo *Meloidogyne javanica* (Treub) Chit. mediante calor solar (solarización). *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie Agrícola* (Spain), **28**: 121-130.
- CENIS, J. L. y FLUCHS, P., 1988: Efecto comparado de la solarización y el metamsodio en un cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en invernadero. *Información Técnica Económica Agraria* (Spain), **75**: 21-22.
- CENIS, J. L., 1991: Control de hongos del suelo mediante solarización. *Phytoma España*, **30**: 59-61.
- C.I.H.: Descriptions of Plant-parasitic Nematodes. Set 5, N.º 62: *Meloidogyne arenaria*.
- DALMAU, L.; PLANA, E. y VERDU, A. M., 1993: Solarización, trabajo del suelo y control de las malas hierbas en el Vallés Oriental (Barcelona). *Actas del Congreso 1993 de la Sociedad Española de Malherbología*: 264-267.
- FRAPOLLI, E., 1991: *Plagas del tomate: Bases para el control integrado. Nematodos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid: 194 pp.
- GAMLIEL, A. y STAPLETON, J. J., 1993: Effect of chicken compost or ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms and lettuce growth. *Plant Disease*, **77**: 886-891.
- GARIBALDI, A., 1987: Impiego del materiali plastici nella solarizzazione del terreno. *Colture Protette*, **16**: 25-28.
- GAUR, H. S. y PERRY, R. N., 1991: The use of soil solarization for control of plant parasitic nematodes. *Nematological Abstracts*, **60**(4): 153-167.
- KATAN, J.; GREENBER, A.; ALON, H. y GRINSTEIN, A., 1976: Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology*, **66**: 683-688.
- KIM, J. I. y HAN, S. C., 1988: Effect of solarization for control of root-knot nematode (*Meloidogyne spp.*) in vinyl house. *Korean Journal of Applied Entomology*, **27**: 1-5.
- LÓPEZ, E.; GONZÁLEZ, R.; ZARAGOZA, C. y LÓPEZ, M. C., 1993: Efecto combinado de la solarización y del glifosato en el control de *Cyperus rotundus* L. *Actas del Congreso 1993 de la Sociedad Española de Malherbología*: 183-187.
- MAZZA, S.; DI SERIO, F.; D'ERRICO, F. P.; SANNINO, G.; BARONE, L. y SCIALLA, A., 1994: Possibilita applica-

- tive della solarizzazione nella lotta al nematode del tabacco nel casertano. *Tabacco*, **2**: 23-30.
- MEJÍAS, A.; CHACÓN, A.; ESPÁRRAGO, G. y DEL MORAL, J., 1995a: Control del nematodo formador de nódulos en raíces [*Meloidogyne incognita* Kofoid y Withe 1919] Chitwood, 1949] con la utilización de la energía solar. *Bol. San. Veg. Plagas*, **21**: 43-57.
- MEJÍAS, A.; CHACÓN, A.; ESPÁRRAGO, G.; DEL MORAL, J. y DÍAZ, R., 1995b: Utilización de la energía solar para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White, 1919; Chitwood, 1949) en semilleros de tomate en Extremadura. *Phytoma España*, **69**: 16-24.
- MELERO, J. M., GONZÁLEZ, R., GÓMEZ, J.; BEJARANO, J. y BASALLOTE, M. J., 1989: La solarización de suelos mediante acolchado en Andalucía. *Plasticulture*, **82**: 73-82.
- MORENO, J. J. y VERDEJO, M. E., 1993: Memoria de los ensayos realizados en tabaco. Año 1993. Junta de Extremadura. *Servicio de Sanidad Vegetal*. Memoria mecanografiada: 74 pp.
- MORENO, J. J. y VERDEJO, M. E., 1994: Memoria de los ensayos realizados en tabaco. Año 1994. Junta de Extremadura. Servicio de Sanidad Vegetal. Memoria mecanografiada: 90 pp.
- NOTO, G., NUCIFORA, S. y PARATORE, A., 1993: Solarizzazione del terreno e varietà resistenti contro *Meloidogyne* su pomodoro. *Colture Protette* (Italy), **22**: 55-61.
- TACCONI, R., SANTI, R. y DE LEONARDIS, A., 1993: Effetto della solarizzazione sui nematodi galligeni e sulle erbe infestanti. *Informatore Agrario*, **49**: 71-74.

(Aceptado para su publicación: 11 de junio de 1997)