

Reducción de dosis y de emisiones de Bromuro de metilo en la desinfección del suelo mediante Plásticos VIF

Vicent Cebolla Rosell
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias
Carretera de Moncada a Náquera Km, 5
46113 Moncada (Valencia)

Introducción

El Bromuro de Metilo (BM) se usa ampliamente como fumigante en agricultura y para el control de plagas en estructuras, mercancías almacenadas y tratamientos de cuarentena. Es activo contra una gran variedad de organismos a baja concentración, incluyendo mamíferos e insectos, ácaros, nematodos, hongos, bacterias y virus y tiene suficiente fitotoxicidad para controlar malas hierbas y semillas de malas hierbas. Su gran espectro de actividad y facilidad de aplicación lo han convertido en el tratamiento elegido en la mayoría de desinfecciones del suelo.(MBTOC 1994)

El BM fue incluido como una de las sustancias que destruyen la capa de ozono por el Cuarto Meeting del Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Destruyen la Capa de Ozono, que tuvo lugar en Copenhague en noviembre de 1992. Por este motivo, las Naciones Unidas propician la sustitución de estas sustancias, por otras que sean respetuosas con el medio ambiente; para ello el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, fomenta la investigación de nuevas tecnologías que permitan la utilización de sistemas alternativos, incluyendo cualquier modificación de las técnicas de aplicación que consiga sustituir, total o parcialmente, algún uso de este gas. En la convención de Viena de 1995 se aprobó un calendario para la reducción gradual de la producción de BM, hasta el año 2010. A partir de esta fecha, este gas solo sería permitido en algunos usos denominados esenciales.

Tabla 1. Calendario para la eliminación del uso de Bromuro de metilo como fumigante de suelos. Acordado en Septiembre de 1997.

	Para los Países del artículo 2 (Países desarrollados)	Para los Países del artículo 5 (En vías de desarrollo)
	% Reducción tomando como base el	
Año	consumo 1991	consumo medio 1995-1998
1997	Congelación	
1999	25*	
2001	50	
2002		Congelación
2003	70	
2005	100	20
2015		100

* Para la Unión Europea esta reducción se adelanta al año 1998.

Si embargo el protocolo de Montreal reunido esta vez en Montreal en 17 de Septiembre de 1997 ha tomado la decisión de establecer un nuevo calendario de eliminación para el Bromuro de metilo usado en la desinfección de suelos en agricultura (Tabla 1). Esta decisión sigue contemplando la existencia de los usos críticos, que se establecerán en el 2005, en el momento en que se produzca la prohibición.

Los países en vías de desarrollo podrían ver acortado pronto el tiempo de utilización hasta niveles similares a los de los países desarrollados

Una de las técnicas que mayor interés despiertan como método alternativo a la desinfección con fumigantes es la Solarización del suelo, desarrollada por Katan (1976, 1980, 1981, 1983) y rápidamente aceptada en áreas de clima templado, como los países mediterráneos, incluida España (Martinez et al, 1983,1986; Cenis 1989; Gil Ortega et al. 1990, Del Busto et al, 1989, Cebolla et al.1993,1994; Ben-Yephet et al, 1988). Algunas posibilidades de mejorar la eficacia de esta técnica o dar seguridad en el resultado de la desinfección del suelo han sido descritas, e incluyen la combinación con fumigantes a bajas dosis (Malathrakis 1987, Cebolla et al. 1984) así como la combinación con métodos biológicos (antagonistas, variedades tolerantes o resistentes).

La combinación de la Solarización con Bromuro de metilo permite reducir drásticamente (Cebolla et al, 1994) las dosis de aplicación al menos a nivel experimental. Aunque lógicamente, las dosis prácticas suelen ser aumentadas para contemplar un margen de seguridad para los aplicadores, por motivos de garantía en el control de enfermedades del suelo.

El polietileno de baja densidad (PE), normalmente usado como cerramiento en la desinfección del suelo, resulta ser permeable al BM por lo que se escapan grandes masas de gas a través de este tipo de film (MBTOC 1994). La tecnología actual permite la obtención de laminas de plástico multicapa, con propiedades impermeabilizantes que impiden el paso del BM a su través.

Una de las mejoras en la técnica de aplicación sugeridas por el informe del MBTOC 1994 es precisamente la de utilizar Films Virtualmente Impermeables (VIF) al BM para retener el gas y de esta manera evitar la emisión a través de la lámina de cobertura. Es necesario comprobar que con este tipo de cubierta se pueden usar dosis más reducidas manteniendo la eficacia y sin producir efectos colaterales nocivos, como una aumento excesivo de residuos de Bromo.

Estos plásticos VIF suelen ser mucho más finos que los normales de polietileno y está formados por tres capas de manera que la interior suele ser de EVOH (Etil Vinil Alcohol) o Poliamida para conferirle impermeabilidad y las dos externas Polietileno para aportar resistencia.

A continuación se exponen los dos primeros trabajos realizados en España, que muestran el comportamiento de esta nueva técnica en los cultivos de Pimiento (Cebolla et al 1996) y de Clavel (Cebolla et al 1997)

A. Experimento en Navarrés (Valencia)

Hemos estudiado la mejora de la aplicación de la técnica mediante el uso de Hytibar (HT) de Hyplast (Bélgica), que se considera Film Virtualmente Impermeable (VIF) al BM, como lámina de cubierta, y la combinación con la Solarización del suelo, con el fin de reducir las emisiones a la atmósfera durante la aplicación, también se han tenido en cuenta la posibilidad de que se produzcan efectos secundarios negativos, como el incremento de residuos en el suelo.

A.1. Métodos

Estas técnicas se compararon en un experimento de investigación realizado en un invernadero de pimiento, cuyo suelo estaba infectado de forma natural por *Phytophthora capsici* en el cultivo anterior. Los tratamientos estudiados fueron:

- (1A) Testigo no desinfectado,
- (2A) Br60PE Dosis normal de BM (60 g/m²), cubierta de Polietileno (PE).
- (3A) Br30PE Dosis mitad (30 g/m²), cubierta de lámina de PE.
- (4A) Br30HT Dosis mitad BM (30 g/m²), cubierta de lámina de HT.
- (5A) Solarización con cubierta de lámina de PE.
- (6A) Br15PE Solarización combinada con BM, 1/4 de dosis (15 g/m²), cubierta de PE.

La aplicación de BM se hizo a mano, utilizando la técnica de aplicación en caliente. La evaluación de la eficacia en la destrucción de inóculo se realizó utilizando tierra seca que contenía Clamidosporas de *Fusarium oxysporum f. sp. dianthi*, y trozos de raíces de pimiento infectado por *P. capsici*, también fueron observados parámetros como concentración de gas a lo largo de la desinfección, producción de biomasa, residuos de bromo y producción.

A.2. Resultados

Los tratamientos (2A) y (4A) fueron los mejores para controlar *F. o. dianthi* (Tabla 1A), con diferencias estadísticas significativas respecto a todos los otros tratamientos a 40cm de profundidad. En cuanto a la eficiencia contra el inóculo de *P. capsici* a 40 cm de profundidad, los mejores tratamientos son (2A) y (4A) seguidos del (3A). El aumento del producto CxT (Concentración x Tiempo) del tratamiento (4A) con respecto a Tratamiento (3A), debido a la lámina VIF, puede explicar (Tabla 1A) la mejora de eficiencia con la misma dosis de gas.

Los tratamientos de Solarización (5A) y (6A) no controlan el inóculo (Tabla 1A) como los tratamientos (2A) y (4A) pero el efecto (Tabla 3A) del tratamiento (6A) en superficie foliar, peso de la planta, índice de enfermedad, producción y malas hierbas, es similar a los tratamientos (2A) y (4A).

La superficie foliar de plantas, como medida de biomasa, señala los tratamientos (4A) y (2A) (Tabla 3A) como los mejores, lo mismo ocurre con el peso fresco.

Los residuos de bromo en el suelo (Tabla 2A) muestran un ligero incremento en el tratamiento (4A) debido al uso de la lámina VIF, aunque este aumento no es

significativo. Los residuos en fruto permanecen al mismo nivel en los tratamientos (2A), (3A) y (4A)., por tanto no se apreciaron efectos secundarios.

La producción (Tabla 3A) indicada para el tratamiento (4A) fue casi idéntica a la del tratamiento (2A), también el tratamiento (6A) fue muy significativo. El índice de enfermedad (Tabla 4A) de los tratamientos (2A), (4A) y (6A) fue similar desde el punto de vista estadístico. En cualquier caso todos los tratamientos fueron mejores que el testigo (1A) desde el punto de vista sanitario. Las malas hierbas se controlaron muy bien mediante todos los tratamientos comparados con el testigo.

A.3. Discusión

Generalmente todos los parámetros estudiados muestran un comportamiento parecido, con diferencias estadísticas no significativas, entre la aplicación convencional (2A), media dosis con lámina VIF (4A) y el tratamiento de 1/4 de dosis + Solarización (6A). El tratamiento (3A) permanece en un punto intermedio entre los mejores tratamientos y el Testigo. La Solarización no tuvo éxito, en parte debido a que la aplicación fue tardía (Septiembre) y la exposición a la radiación solar fue corta (4 semanas).

Estas técnicas permiten una reducción importante de las dosis hasta 1/2 de la normal, si se utiliza la lámina VIF y 1/4 si se combina con Solarización.

La emisión, calculada utilizando el método de balance de masas, se redujo del 72% de bromo aplicado (Tabla 1C) en tratamiento standard (2A) hasta el 20% en tratamiento (4A) y 18% en tratamiento (6A). Esto significa una reducción de más del 70% del BM aplicado en tratamientos (4A) y (6A), con respecto al tratamiento (2A) para obtener resultados similares. Expresado por unidad de superficie esto representa una reducción del 86% de las emisiones para la misma superficie; esta reducción tan extraordinaria de las emisiones se explica por que se emite menos proporción (70% menos) de una cantidad aplicada menor (mitad).

Tabla 1A. Concentración de Bromuro de metilo (g/m^3) por Tiempo (Hr) producto (CxT) y destrucción de inóculo de *F. o. dianthi* y *P. Capsici* por cien a 40 cm bajo el suelo.

Tratamiento	CxT	<i>F. o. dianthi</i>	<i>P. capsici</i>
(1A) Testigo			
(2A) Br60 PE	2015 b	99.6 a	54.1 a
(3A) Br 30 PE	1309 ab	99.5 b	32.1 abc
(4A) Br 30 HT	1742 ab	99.7 a	55.4 ab
(5A) Solarización		95.6 b	1.8 c
(6A) Br 15 PE+ Solarización.	1002 a	96.2 b	10.7 c

Tabla 2A. Residuos de Bromuro (Br⁻ ppm) en el suelo después de la desinfección.

Tratamiento	Profundidad 0-20 cm	Profundidad 20-40 cm
(2A) Br 60 PE	37	25
(3A) Br 30 PE	35	42
(4A) Br 30 HT	43	47
(6A) Br 15 PE + Solarización	25	21

Tabla 3A. Superficie foliar media (cm²/planta), peso (g/planta) y cosecha (g/planta).

Tratamiento	Superficie Fol.	Peso Fresco Planta	Cosecha
(1A) Testigo	738.7 a	41.7 a	725 a
(2A) Br 60 PE	1706.1 cd	92.7 bc	1318 b
(3A) Br 30 PE	1407.5 bcd	78.2 b	1156 b
(4A) Br 30 HT	1905.0 d	115.2 c	1320 b
(5A) Solarización	1055.6 ab	42.5 a	739 a
(6A) Br 15 PE + Solarización.	1358.2 bc	76.7 b	1235 a

Tabla 4A. Índice medio de enfermedad (Número de plantas muertas por cien), Residuos en fruto (Br- ppm), y malas hierbas/m².

Tratamiento	Índice enfermedad	Residuos	Malas hierbas
(1A) Testigo	33.2 a	2.6 a	3.9
(2A) Br 60 PE	1.2 c	14.4 b	1.0
(3A) Br 30 PE	16.0 b	14.1 b	0.3
(4A) Br 30 HT	3.8 bc	15.1 b	0.2
(5A) Solarización	12.3 b	3.2 a	0.8
(6A) Br PE + Solarización	5.3 bc	6.4 a	0.1

En todas las tablas las cifras con la misma letra no son significativamente diferentes p=0.05.

B. Experimento en Pilar de la Horadada (Alicante)

En el anterior experimento vimos que la reducción de más del 70% de bromuro de metilo aplicado puede alcanzarse reduciendo la dosis de 60 a 30 g/m² bajo este tipo de lámina (Cebolla, V. et al. 1996), con resultados similares. La efectividad de esta técnica se confirmó en el control de *R. solani* en albahaca, alubia y lechuga y *S. sclerotiorum* en lechuga en Italia. (Gullino M.L. et al., 1996), y *P. capsici* en España (Cebolla V. et al., 1996). También se alcanzó un elevado control efectivo de propágulos de los patógenos *V. dahliae*, *Fusarium oxysporum f. sp. melonis* *F. o. f.sp. basilici*, *Sclerotium rolfsii* y *Pythium* mediante bromuro de metilo bajo VIF con dosis reducida de bromuro de metilo

(50% a dosis recomendada comercialmente). Esta técnica ha probado su eficacia también en el control del marchitamiento por *Verticillium* en patata en condiciones comerciales (Gamliel A. et al., 1996).

B.1. Métodos

En estas investigaciones se compararon dos láminas VIF, con dosis reducidas, en una plantación de clavel realizada en suelo infestado en Pilar de la Horadada (Alicante). El experimento se llevó a cabo en un invernadero de clavel, en el cual el cultivo anterior había sido seriamente atacado por la traqueomicosis del clavel producida por el hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* (Prill. et Dell, Sny & Hans).

La dosis más frecuente a emplear para el control de esta enfermedad es de 80g/m². Para evitar la fitotoxicidad en los cultivos de clavel adyacentes, aún en pleno cultivo, se utilizó bromuro de metilo, con acetato de amilo en lugar de cloropicrina, como fumigante. Como cubierta se utilizaron láminas de polietileno de baja densidad (PE) y dos plásticos VIF tricapa, con una lámina interna muy fina, impermeable, entre dos capas externas de polietileno. La capa interna es EVOH en Hytibar (Bélgica) y poliamida en LMG de Lawson Mardon Packaging (Reino Unido).

Se consideraron cinco tratamientos:

- (1B) Testigo no desinfectado
- (2B) Br80PE: bromuro de metilo a 80 g/m² cubierta con lámina de polietileno (PE).
- (3B) Br40PE: bromuro de metilo a 40 g/m² bromuro de metilo con lámina de PE.
- (4B) Br40HT: bromuro de metilo a 40 g/m² cubierta con lámina VIF Hitybar.
- (5B) Br40LMG: 40 g/m² BM cubierto con lámina LMG.

Todas las láminas se enterraron a 40 cm, más hondas que como las suelen colocar los agricultores, con el fin de mejorar la eficiencia. El diseño experimental constaba de parcelas de 4x8m, con 5 réplicas. La comparación estadística se realizó con el test de rango múltiple de Duncan.

Para estudiar la eficiencia de esta técnica, se colocaron inóculos artificiales en el suelo a 20 y 40 cm de profundidad. Se prepararon dos tipos de inóculo, uno con suelo arenoso conteniendo clamidosporas de *F. o dianthi* y el otro con pedacitos de raíces de plantas enfermas de *F.o. dianthi* cortadas a unos 5mm de longitud y mezclados con suelo arenoso. Se confeccionaron unas bolsas de tejido de nylon, se llenaron con diez gramos de dicho suelo conteniendo inóculo y se ataron fuertemente con una cuerda de nylon a distancias predeterminadas para que las bolsas permanecieron exactamente a 20 y 40 cm bajo tierra. Después del tratamiento las cuerdas se estiraron para extraer las bolsas y los trozos de raíces se sembraron en un medio selectivo. El suelo que contenía clamidosporas fue evaluado mediante la técnica de dilución de placas. El medio selectivo para *F.o dianthi* en ambas técnicas fue Komada (Komada, H. 1975).

La desinfección se realizó en abril, en tiempo frío, con una duración de 3 días; a lo largo de este tiempo la concentración de BM en el aire se midió bajo la cubierta con un detector FUMISCOPE, y se calculó el producto Concentración x Tiempo (CxT) para cada parcela. Se recogieron muestras de suelo desde 0 a 20 cm. y 20 a 40 cm de

profundidad, para determinar los residuos de Br⁻ que quedaron en el suelo. Las emisiones se evaluaron por medio de la técnica de balance de masas.

Después de la desinfección, la parte central de cada parcela se plantó con 100 esquejes de la variedad Lena, que es muy susceptible a la enfermedad, rodeado por esquejes de diversos cultivares resistentes, con el fin de dificultar la propagación de la enfermedad desde bordes no desinfectados. Se plantaron algunos esquejes de cv. Lena, de más para ser extraídas a lo largo del cultivo con el fin de realizar algunas determinaciones analíticas.

El seguimiento de la enfermedad se realizó mediante dos métodos: uno no destructivo, clasificando el grado de la enfermedad desde 1 (primeros síntomas) hasta 5 (muerte de la planta) y otro método destructivo por el cual las plantas adicionales dispuestas en las parcelas se cortaron a ras de suelo, se pesaron en fresco y se valoró la necrosis vascular expresada como porcentaje de zona necrosada del anillo del floema (INV). El segundo método sirvió también para estudio de la producción de biomasa mediante pesada de la planta en fresco.

Las malas hierbas se contaron varias veces a lo largo del cultivo, antes de arrancarlas. Se registró la producción en cada parcela, como flores por planta, a lo largo de 68 semanas de cultivo.

B.3. Resultados

La concentración de bromuro de metilo en la atmósfera bajo el suelo aumenta bajo acolchado VIF si se compara con el de PE para la misma dosis reducida, pero estas diferencias no son significativas. No obstante, las elevadas dosis aplicadas como standard (Tabla 1B) producen un CxT más alto en ambas profundidades para el tratamiento (2B) Br80PE.

El inóculo de *F. o. dianthi* queda destruido hasta 20 cm de profundidad bajo el suelo en todos los tratamientos (Tabla 2B), pero la dosis reducida bajo PE falla a 40 cm de profundidad. Los resultados parecen similares para todas las clases de inóculo. El elevado CxT obtenido en el tratamiento standard no pareció mejorar el control de las estructuras fúngicas.

La biomasa, estudiada como peso en fresco (Tabla 3B) de plantas adicionales recogidas de las parcelas, no presenta diferencias entre los tratamientos de fumigación, el tamaño de las plantas vivas fue similar, a excepción del testigo. La necrosis vascular de las plantas cortadas a ras de suelo mostró ligeras alteraciones en todos los tratamientos excepto el testigo. Todas las parcelas testigo, no desinfectadas, mostraron síntomas tempranos y la totalidad de las plantas se murió a los pocos meses.

El control de malas hierbas en parcelas no tratadas (1B) fue el más costoso a pesar del uso del herbicida selectivo RONSTAR, práctica habitual en la zona. El testigo y tratamiento (3B) Br40PE fueron los peores entre las parcelas fumigadas desde el punto de vista de malas hierbas.

Al final del cultivo (Tabla 4B) los tratamientos (1B) y (5B) fueron los mejores, pero no se hallaron diferencias estadísticas en el índice de enfermedad, mortalidad o producción entre las parcelas desinfectadas. La producción de las parcelas testigo, con menos de 1 flor por planta, fue insignificante comparada con casi 6 flores en el tratamiento (5B) Br40LMG.

Al reducir la dosis de 80 a 40 g/m² de bromuro de metilo se consigue una reducción de emisiones (Tabla 1C) del 59% en tratamiento (4B) Br40HT.

Las láminas VIF utilizadas en este experimento son más delgadas que las de PE standard pero además la lámina de Hitybar resultaba más frágil al manejarla para extenderla sobre las parcelas y al enterrar los bordes para la desinfección. Esta lámina, en contacto con bordes puntiagudos de los agregados de tierra, sufría perforaciones y rasgaduras que daban como resultado pérdida de su efectividad.

B.3. Discusión

Todos los tratamientos excepto el Testigo (1B) fueron eficientes desde el punto de vista de la enfermedad, mortalidad y producción. Las dosis reducidas bajo la cubierta de PE no destruyen el inóculo a 40 cm de profundidad. Sin embargo, en muchos aspectos PE a dosis reducidas da buenos resultado; ¿ entonces por qué se recomiendan dosis altas? Parece ser una cuestión de seguridad. Las dosis elevadas aseguran el éxito en el resultado agrícola, incluso si la aplicación no ha sido perfecta. En este aspecto, VIF puede ofrecer seguridad con menor dosis.

Tabla 1B. Concentración de Bromuro de metilo (g/m³) por Tiempo (Hr) producto (CxT) en la atmósfera del suelo a dos profundidades en el suelo, durante los tres días de desinfección.

Tratamiento	0-20cm	20-40 cm
(2B) Br80 PE	5809 c	5383 b
(3B) Br40 PE	2927 a	2745 a
(4B) Br40 HT	3688 b	3464 a
(5B) Br40 LMG	3228 ab	3106 a

Tabla 2B. Destrucción de inóculo % respecto al testigo, raíces infectadas y Clamidosporas de *F. o. dianthi* en el suelo a 20 y 40 cm de profundidad, después de la fumigación.

Tratamiento	Raíces infectadas		Clamidosporas	
	20cm	40cm	20cm	40cm
(2B) Br80 PE	100 a	100 a	100 a	100 a
(3B) Br40 PE	100 a	65 c	100 a	99.8 b
(4B) Br40 HT	100 a	100 a	100 a	100 a
(5B) Br40 LMG	100 a	90 b	100 a	100 a

Tabla 3B. Peso fresco en planta de clavel, Índice de Necrosis Vascular (INV), y malas hierbas a las 48 semanas de cultivo.

Tratamiento	Peso Fresco	INV	Hierbas / m ²
(1B) Testigo	53.7 a	84.5 a	12.4
(2B) Br80 PE	154.5 b	5.7 b	1.4
(3B) Br40 PE	174.0 b	6.9 b	9.2
(4B) Br40 HT	162.9 b	2.1 b	4.7
(5B) Br40 LMG	130.9 b	1.1 b	5.0

Tabla 4B. Índice de Necrosis Vascular (INV), Mortalidad % y Cosecha Total (Flores / Planta) al final del cultivo.

Tratamiento	INV	Mortalidad %	Flores/planta
(1B) BrTestigo	100.0 a	100.0a	0.87 a
(2B) Br80 PE	11.1 b	64.1 b	5.48 b
(3B) Br40 PE	39.2 b	83.2 b	4.60 b
(4B) Br40 HT	38.1 b	80.5 b	5.00 b
(5B) Br40 LMG	18.5 b	63.5 b	5.95 b

Tabla 5B. Residuos en suelo y emisiones calculados por balance de masas. Reducción de emisiones en porcentaje respecto de la dosis normal.

Tratamiento	Dosis g/m ²	Residuos g/Kg	
		0-20cm	20-40cm
(2B) Br80 PE	80	25.8	17
(3B) Br40 PE	40	20.8	11.7
(4B) Br40 HT	40	26.0	14.3
(5B) Br40 LMG	40	20.3	14.8

C. Conclusión

Ambos experimentos aportan resultados similares, confirmando el interés de los plásticos VIF con dosis reducidas. Aunque estos plásticos son más caros, también existe un ahorro importante en el consumo de BM, con el consiguiente ahorro en gasto, que compensa en parte el incremento de costo del plástico VIF. El ahorro de consumo de BM permitirá acatar las restricciones reglamentadas por el protocolo de Montreal sin que sea imprescindible reducir la superficie desinfectada a corto plazo. Mientras tanto el estudio de las alternativas económicamente viables es absolutamente necesario para sustituir el BM en aquellos usos que no se consideren críticos.

Tabla 1C. Comparación de las emisiones en ambos experimentos

Cubierta	Experimento A: Navarrés				Experim. B: Pilar de la Horadada			
	Dosis	Emisiones			Dosis	Emisiones		
		g/m ²	%	Reduc.%		g/m ²	%	Reduc.%
PE	60	43.4	72	0	80	66.9	84	0
PE	30	9.4	31	78	40	30.1	75	55
HT	30	5.9	20	86	40	27.7	69	59
LMG					40	29.3	73	56
Solarización	15	2.7	18	94				

Como la capacidad de retención del bromuro en un suelo determinado es limitada, los residuos en la tierra son del mismo orden, así que se supone que una reducción en las dosis de un 50%, reduciría las emisiones, al menos, en más del 50%. En nuestros resultados (Tabla 1C) con una dosis standard de 80g/m² obtuvimos una reducción del 59%, mientras que en el anterior experimento (Cebolla V. et al., 1996) utilizando la dosis standard de 60g/m² la reducción era del 86%. Es evidente que la cantidad de bromuro de metilo emitida mediante estas técnicas de reducción de dosis, es menor cuando disminuye la dosis standard. Otros factores, tales como el enterramiento en profundidad de los bordes, así como el tiempo frío, que reduce la permeabilidad del PE al bromuro de metilo, puede también contribuir a reducir las emisiones del tratamiento standard.

La reducción de emisiones con estas técnicas es tanto mayor cuanto menor es la dosis considerada como normal. De hecho la reducción de emisiones cuando se usa una dosis mitad es importante incluso cuando se usa PE como cubierta, La cubierta VIF da mayor seguridad de éxito sin aumentar la dosis con en los tratamientos convencionales.

Los resultados obtenidos, acerca de la utilización de láminas VIF, concuerdan con los obtenidos en otros países mediterráneos como Italia e Israel. Esta es una solución práctica, a corto plazo que cubre el mismo espectro de actividad que la desinfección convencional con BM y permitirá cumplir con las restricciones impuestas por las normas internacionales. Además, es una técnica menos contaminante que podría ser obligatoria en casos críticos, hasta la retirada progresiva del bromuro de metilo. De hecho, el uso de plásticos VIF a la dosis de 30g/m², resulta de obligado cumplimiento en España, desde el 15 de junio de 1998, para la aplicación del BM a la concentración del 98%.

Bibliografía citada

- Ben-Yephet, Y., J. M. Melero-Vera, J. E. DeVay (1988). Interaction of soil solarization and metham-sodium in the destruction of *Verticillium dahliae* and *Fusarium oxysporum f.sp. vasinfectum*. Crop Protection 7, 327-331.
- Cebolla V., M. García 1984. Desinfección del suelo en cultivo de fresón al aire libre y bajo invernadero. Publicación del SEA.

- Cebolla V., P. F. Martínez, A. Del Busto, B. Cases 1993. Control de *Fusarium oxysporum f.sp. dianthi* mediante Solarización combinada con fumigantes a bajas dosis. Actas de Horticultura 9, 552-557
- Cebolla V., P. F. Martínez, A. Del Busto, D. Gomez de Barreda, J. J. Tuset 1994. Dosage reduction of Methyl bromide fumigation in the Spanish mediterranean coast. Acta Horticulturae 382, 156-163
- Cebolla V., Tuset J.J., Guinet M., Molins A., Mira J.L., Hinarejos C. 1996. New techniques for methyl bromide Emission reduction from soil fumigation in Spain. Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emission Reductions. Orlando, Florida.
- Cebolla V., Tuset J.J., Guinet M. 1997. Study of two impermeable sheets to reduce methyl bromide dosage and Emisiones for carnation wilt control. International Congress for Plastic in Agriculture. Tel-Aviv.
- Cenis J. L. 1986. Desarrollo de un enfoque cuantitativo de la Solarización y aplicación al control del nematodo *Meloidogyne javanica* (Tremb) chit. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Madrid
- Cenis J. L. 1989. Temperature evaluation in solarized soils by Fourier analisis. Phytopathology 79, 506-510
- Del Busto A., D. Gomez de Barreda, P. F. Martínez, V. Cebolla, T. Campos 1989. Solarización en la Comunidad Valenciana. Sus efectos en malherbología. Proc.4° EWRS Mediterranean symposium pp 178-189
- Gil Ortega R., J. Barriuso, C. Palazon, C. Zaragoza.1990. Efecto de la Solarización del suelo sobre el cultivo de pimiento al aire libre. ITEA 86, 142-154
- Katan J., A. Greenberger, H. Alon, A. Grinstein. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. Phytopathology 66, 683-688
- Katan J. 1980. Solar Pasteurization of soils for disease control: status and prospects. Plant Disease 64, 450-454
- Katan J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Ann. Rev. Phytopathol. 19, 211-236
- Katan J., G. Fishler, A. Grinstein. 1983. Short and long term effects of soil solarization and crop sequence on Fusarium wilt and yield of cotton in Israel. Phytopathology 73, 1215-1219
- Komada H. 1975. Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum*, from natural soil. Rev. Plant. Prot. Res. 8,114-125
- Malathrakis N. E. 1987. Six years experience on solarization against soil borne diseases of vegetables in protected crops. CEC10BC Join experts meeting Spain.
- Martinez P. F., J. L. Cenis , A. Gonzalez, R. Aragon. 1983. Estudio de factores físicos de la Solarización. Actas I Congreso SECH 2, 839-848
- Martinez P. F., J. L. Cenis., A. Gonzalez, R. Aragon. 1986. Niveles térmicos en la desinfección del suelo por energía solar (Solarización). Actas II Congreso SECH pp 1099-1116
- MBTOC 1994. Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer. 1994 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee (MBTOC). Supplement to the 1994 assessment.
- Ponchet J., P. Ricci, C. Andreoli, G. Augé. 1972. Méthodes sélectives d'isolement du *Phytophthora nicotianae f.sp. parasitica* (Dastur) Waterh. a partir du sol. Annales de Phytopathologie 4, 97-108

Figura 1A. Cosecha media acumulada de pimientó cv. Padrón en Navarrés

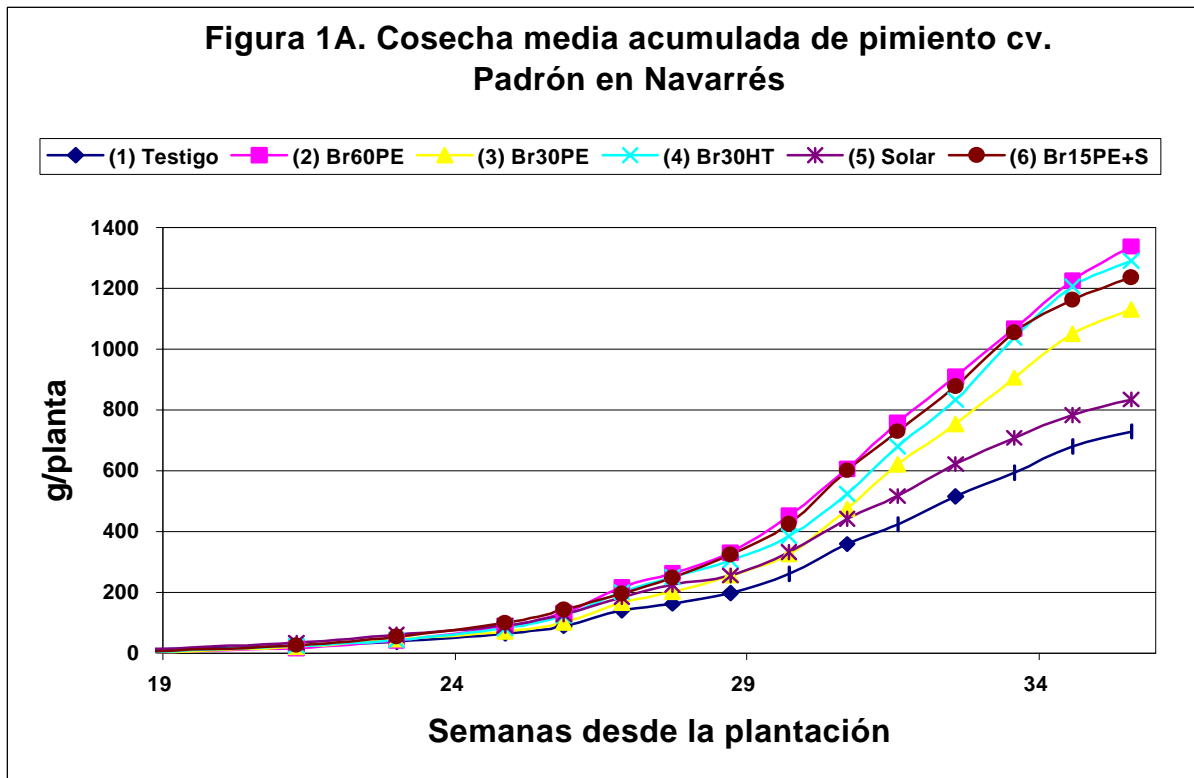


Figura 1B. Cosecha media acumulada de Clavel cv. Lena, en el invernadero de Pilar de la Horadada

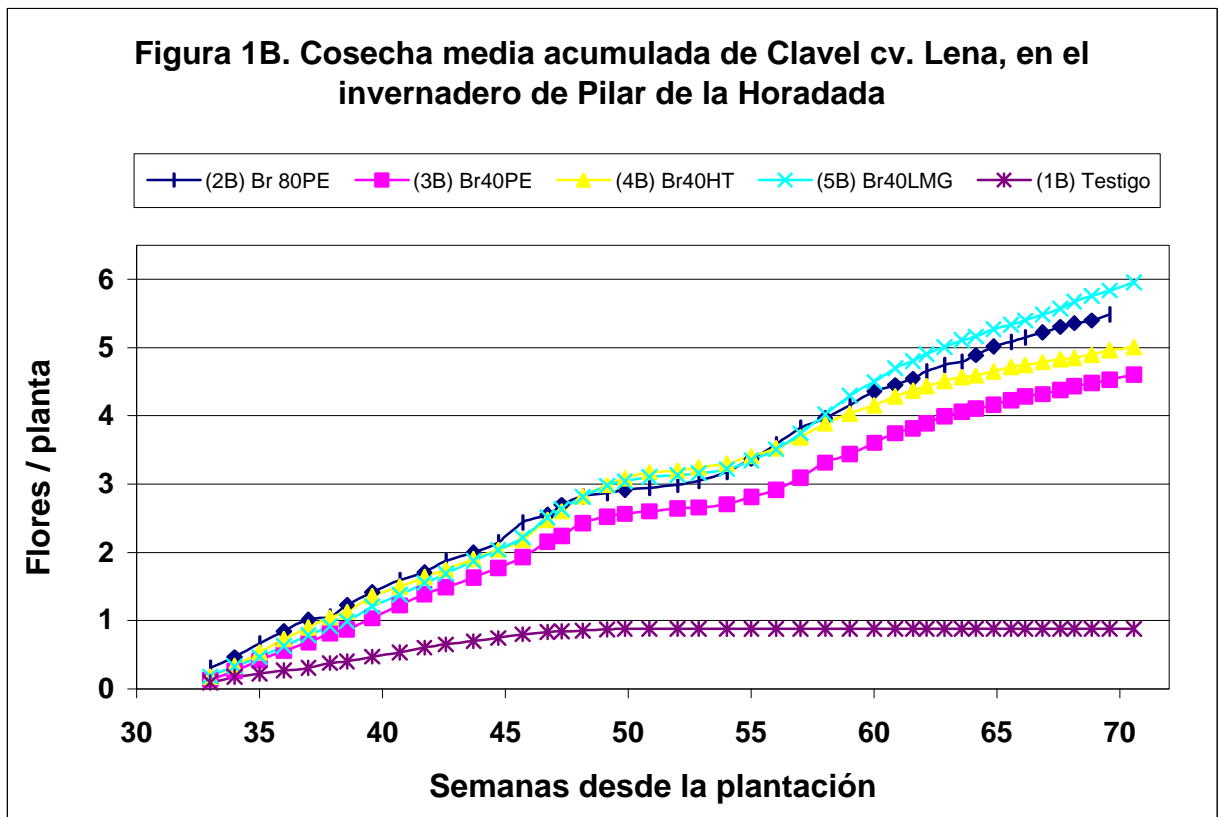


Figura 2A. Contenido de Bromuro de metilo a 20 cm de profundidad a lo largo de la desinfección. Invernadero de Navarres

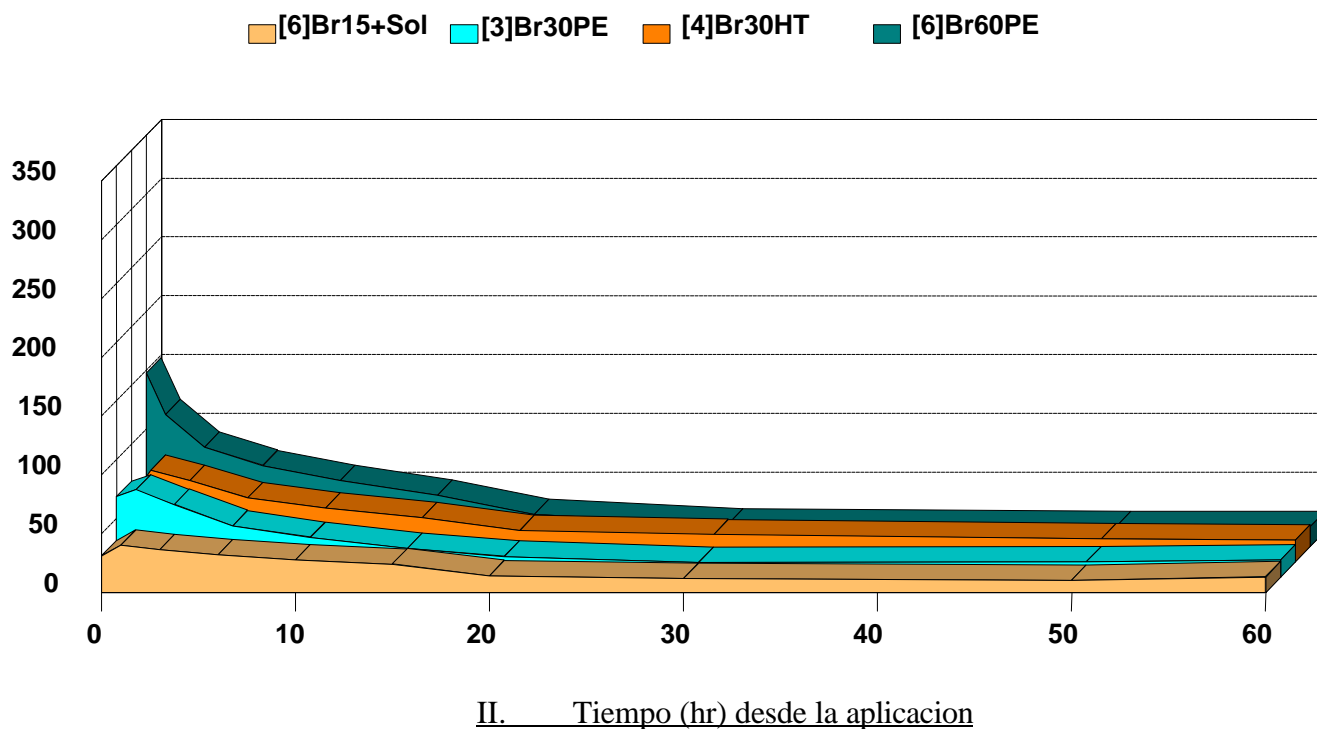


Figura 3A. Contenido de Bromuro de metilo al nivel del suelo a lo largo de la desinfección. Invernadero de Navarrés

Legend: Br15+Sol (yellow), [3]Br30PE (cyan), [4]Br30HT (orange), [2]Br60PE (teal)

Bromuro de metilo g/m³

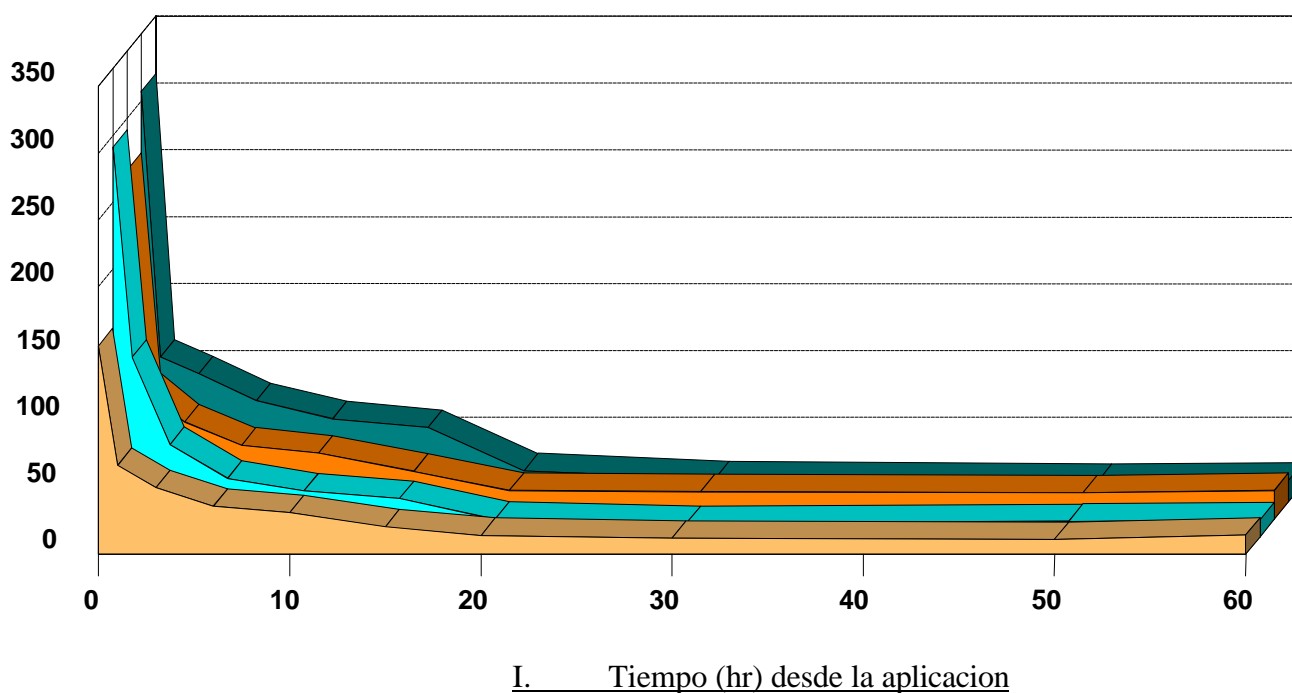


Figura 2B Contenido de BM en el suelo bajo el plástico a 40 cm de profundidad Invernadero de Pilar de la Horadada

III. Br4
 IV. Br40L
 V. Br4
 VI. Br8

Bromuro de metilo g/m^3

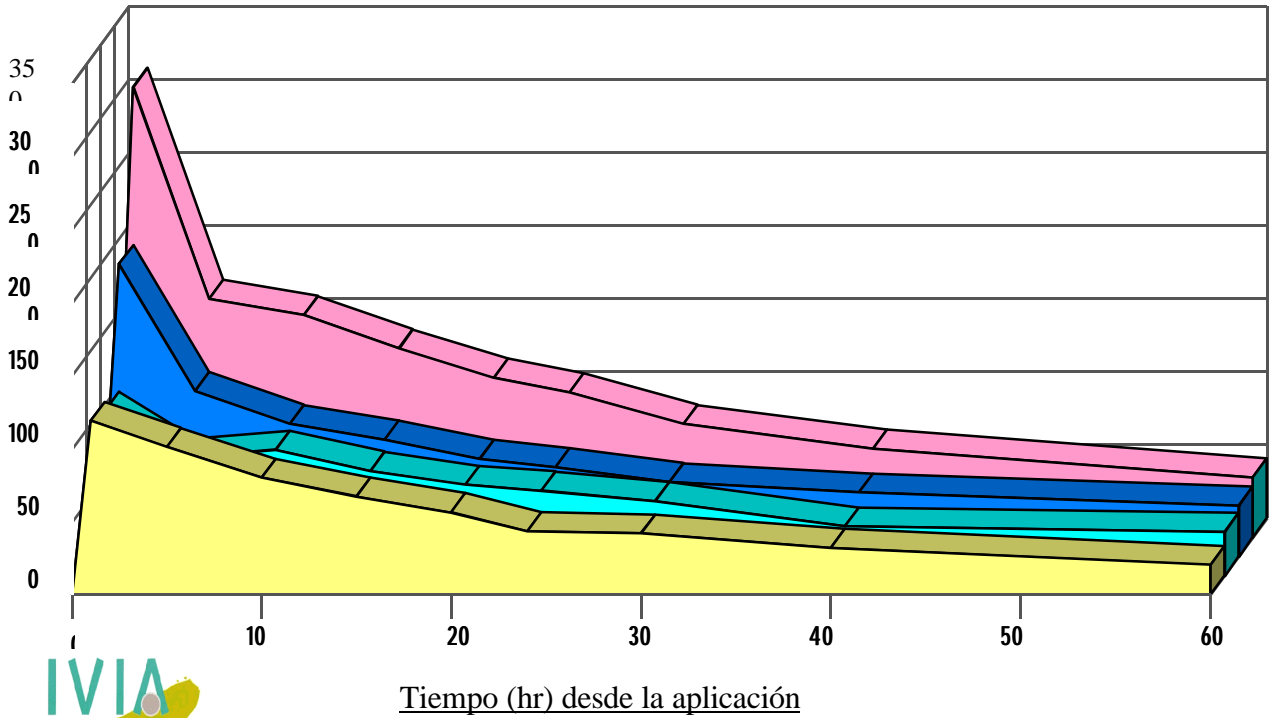


Figura 3B. Índice de Enfermedad (1-5) medio en parcelas de P.Horadada

