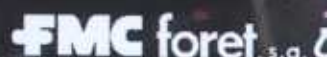


PHYTOMA

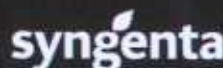
ESPAÑA

27^{as} JORNADAS DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

PATROCINAN



MONSANTO



LA REVISTA PROFESIONAL
DE SANIDAD VEGETAL

Octubre 2005

172

Métodos de aplicación de emulsiones fumigantes a base de 1,3-dicloropropeno y cloropicrina con el riego localizado para la desinfección del suelo

Vicent Cebolla, Rafael Bartual (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias).

Francisco Torró, Daniel Llobell (Coop. VALSUR).

Luis M. Valero (Coop SURINVER).

J. Vicent Maroto (ETSIA. Dpto. Producción Vegetal. Universitat Politècnica de València).

INTRODUCCIÓN

Desde enero del presente año el bromuro de metilo (BM) ha desaparecido de la mayoría de nuestros cultivos, para los que no ha sido declarado un uso crítico.

Los usos críticos aprobados, corresponden en su mayoría a cultivos que usan riego localizado y/o se cultivan bajo invernadero, circunstancia esta última que dificulta la inyección mecanizada bajo el suelo.

Hay una lista grande de formulaciones preparadas para su disolución o emulsión en el agua entre las que destacan las que contienen productos muy insolubles como 1,3-dicloropropeno (1,3-d) y cloropicrina (Pic), sobre los que se basa este trabajo.

Estos productos tienen un punto de ebullición mucho más elevado (108°C para el 1,3-d, ó 112.4 la cloropicrina) frente a los 4.5°C del bromuro de metilo, cosa que cambia fundamentalmente la forma de aplicación bajo el plástico. Estas diferencias también son constatables para la tensión de vaporización, que es de 227 kPa (25°C) para el BM mientras que para la cloropicrina es de 3.2 kPa (25°C) y para el dicloropropeno de 3.7 kPa (25°C).

Cuando apareció en nuestra agricultura el BM, su mayor eficacia compensaba con creces las posibles deficiencias debidas a una falta de puesta a punto de las técnicas de aplicación por lo que desplazó los sistemas conocidos con suma facilidad. Las alternativas actuales carecen de esta ventaja y se enfrentan a veces sin la suficiente puesta a punto, a un producto excelente, el BM, con varios decenios de experiencia y con una casi perfecta puesta a punto de la técnica de aplicación.

La tecnología de cultivo en mesetas se ha impuesto en las grandes extensiones americanas de Florida o California con suelos muy arenosos, tanto para el cultivo del fresón como para los demás cultivos hortícolas. Esta técnica ha sido plenamente aceptada para el cultivo del fresón en España, particularmente en Huelva, con un clima y suelo comparable el de California, pero no se ha extendido en el cultivo del pimiento de invernadero, seguramente debido a las dificultades de realización en el interior de las estructuras de cubierta empleado en nuestras zonas de cultivo.

La aplicación de los fumigantes emulsionables, en particular las mezclas de 1,3-d y cloropicrina, mediante el riego localizado ha aparecido como una nueva posibilidad con algunas ventajas y algunos inconvenientes que intentaremos aclarar, a través de la puesta a punto de la tecnología de aplicación, con el objeto de obtener la máxima eficacia y fiabilidad para maximizar las producciones.

Métodos empleados y resultados

El método clásico de aplicación de los formulados a base de 1,3-d y Pic, en campo abierto es la inyección directa a máquina mediante inyectoros situados detrás de una reja de tractor, de manera idéntica a como se hacía con el BM. Este sistema se ha mostrado tan eficaz como el BM en aplicaciones de verano, con bajas temperaturas del suelo el 1,3-d y Pic no vaporizan suficientemente y la eficacia se resiente consecuentemente. Este tipo de aplicación en el interior de invernaderos cerrados no resulta factible por el alto riesgo de intoxicación para los aplicadores.

Los formulados emulsionables resultan más adecuados para la aplicación

a través del riego tanto en invernadero como al aire libre, pues contienen una pequeña cantidad de sustancias emulgentes que permiten la suspensión del producto en agua, y resulta idóneo para la aplicación en riego localizado. Es imprescindible que la aplicación sea siempre debajo del plástico para evitar molestias por inhalación de vapores tanto para los aplicadores como para las personas y animales de la vecindad.

Sistemas de aplicación

La aplicación más común en el cultivo de pimiento de invernadero imita el método de aplicación del BM en invernadero, que consiste en 1º) la eliminación de los restos del cultivo anterior; 2º) trabajo de la tierra, en profundidad, mediante

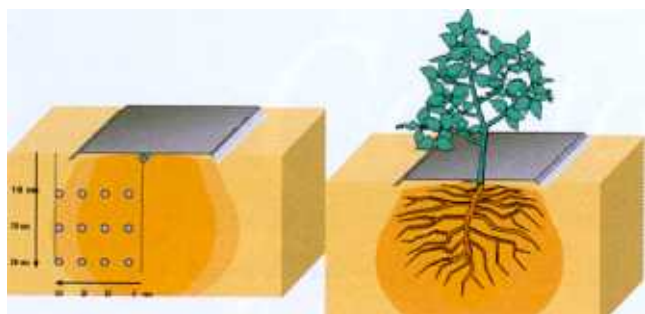


Figura 1. A la izquierda, disposición de las sondas biológicas para estudio del alcance espacial del efecto fungicida para la desinfección de lomos. A la derecha confinamiento de las raíces en el bulbo húmedo del riego localizado.

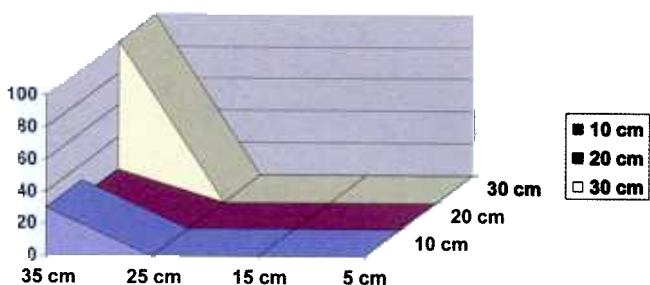


Figura 2. Supervivencia (%) de *Fusarium oxysporum* (sondas biológicas) a tres profundidades (10, 20, y 30 cm) y 4 distancias (5, 15, 25 y 35 cm) a la línea de goteros.

un desfondado y en ocasiones pasado de "topos" para mejorar el drenaje; 3º) pasado de rotovator para reducir el tamaño de los agregados de suelo; 4º) extensión de una lámina de PE y fijación de los bordes mediante enterrado; 5º) aplicación del BM mediante técnicas en frío (en la mayoría de países europeos se utilizaba la técnica de aplicación en caliente); 6º) pasado un período entre 1 y 3 días se levantaba el plástico; 7º) después se realizaba un pase de rotovator para airear el suelo y 8º) finalmente un riego de lavado antes de proceder al establecimiento del cultivo.

La aplicación en llano con riego localizado se sigue la misma pauta, sustituyendo la aplicación del BM por la instalación de líneas de goteros a través de las cuales se distribuye el producto emulsionado. Para reducir la separación entre líneas se pueden duplicar el número de estas o doblar en U líneas más largas. Después de un período de 10 días se levanta el plástico, se quitan las líneas para trabajar el suelo y se vuelven a colocar para la instalación del cultivo.

En el cultivo del fresón y del tomate se suele usar la aplicación en lomos o mesetas sobre las que se dispone la línea de goteros y se cubre con el plástico acolchado sin perforar, el lomo queda así ya dispuesto para, después del preceptivo plazo de espera proceder a la plantación. El proceso de formación del lomo y colocación de goteros y acolchado puede ser mecanizado al menos en instalaciones del tamaño adecuado, aunque no resulta factible en las actuales estructuras de cultivo de pimiento en invernadero, pues una de las líneas de plantas suele coincidir con los pies derechos del invernadero. Una variante de esta

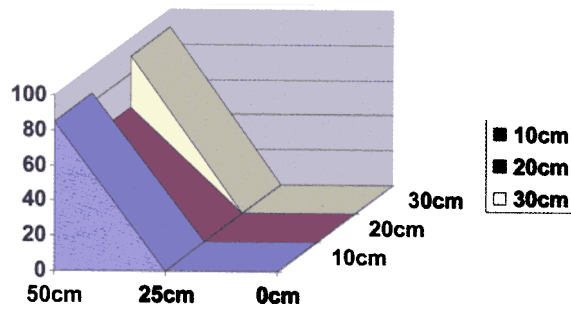


Figura 3. Supervivencia (%) de *Fusarium oxysporum* (sondas biológicas) a tres profundidades (10, 20, y 30 cm) y 3 distancias (0, 25 y 50 cm) a la línea de goteros.

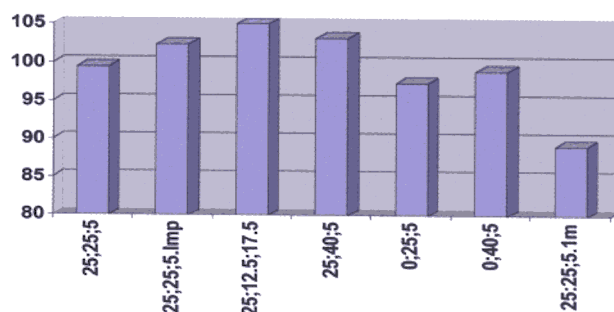


Figura 4. Producción de pimiento de invernadero tomando como referencia el BM (100%) con diversos volúmenes de agua (L/m²) (a;b;c) de riego previo (a: 25 ó 0); riego de aplicación (b: 25 ó 40) y riego de lavado (c: 5 ó 17.5), en flujo constante y a impulsos (imp). Aplicación en llano con mangas de riego situadas cada 50 cm o cada metro (1m).

aplicación, mejor adaptada a estos invernaderos consiste en distribuir los goteros dentro de unos pequeños surcos para asegurar su inmovilización y no remover más la tierra después de la aplicación para evitar mezclar suelo del pasillo con el de cultivo. Se planta después de un plazo de espera de la menos 15 días.

Mecanismos de inyección

Para la introducción del producto en el sistema de riego existen varias posibilidades que pasamos a analizar.

Venturi

El sistema de inyección mediante Venturi (Figura 9) adolece de una gran variabilidad en la capacidad de absorción del producto, la succión depende de la presión de trabajo, que ha de ser suficiente para producir una diferencia de presión entre ambos lados del venturi capaz de aspirar el formulado. La mezcla con el agua de riego a concentración constante es difícil de conseguir si no se tiene práctica y se conoce la instalación de riego. El dispositivo debe estar fabricado con materiales resistentes, jamás debe tener componentes de PVC, látex o gomas naturales en contacto con el producto.

Presión interna del cilindro

Algunas casas comerciales utilizan cilindros para la distribución, a los que se puede añadir nitrógeno comprimido para conseguir una presión supe-

PHYTOMA

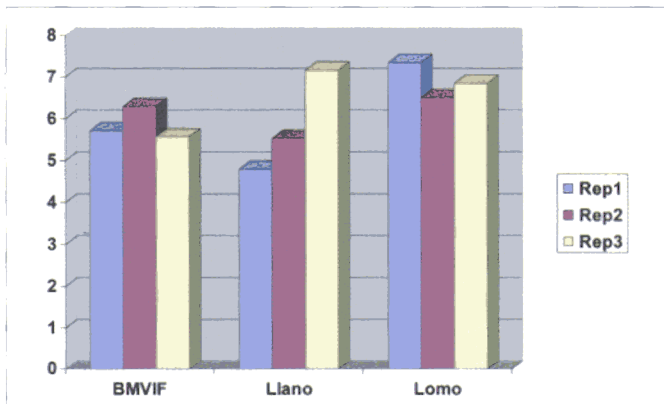


Figura 5 Producción de pimiento (kg/m²) comparando el tratamiento BM con cubierta VIF, con 1,3.d + pic en aplicación en llano, trabajando el suelo después de la aplicación y en lomo, sin mover el suelo ni las mangas de goteo después del tratamiento. La aplicación en llano muestra la mayor variabilidad entre las tres repeticiones.

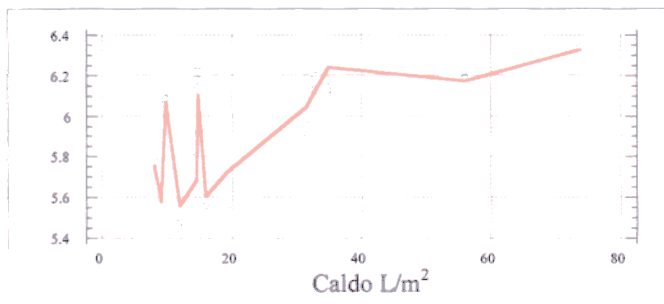


Figura 6. Log (Cosecha Total Comercial) por riego de aplicación (Caldo) con sus valores de predicción. Los volúmenes más elevados dan producciones más elevadas, pero se obtienen buena cosecha a partir de los 18 L/m².

rior a la de funcionamiento del riego. Nunca se debe utilizar aire comprimido pues se forma una mezcla explosiva. La regulación de la inyección se realiza mediante una llave de paso para ajustar el flujo del producto.

Bomba inyectora

Se pueden utilizar bombas con accionamiento de motor eléctrico o de gasolina, tal como se hace para la inyección de soluciones fertilizantes, deber estar hechas de acero inoxidable (Figura 10), modificadas para que los componentes de las válvulas y los retenes sean de materiales resistentes a la corrosión. Permite una inyección más cómoda y una más fácil regulación del caudal inyectado mediante un tornillo de ajuste del volumen de cada embolada. De todas formas a veces no resulta fácil la regulación precisa del caudal constante a lo largo de toda la aplicación, al menos en las primeras aplicaciones de una finca.

Bombas de inyección proporcional

Se utilizan para la dosificación del abonado en líquido, pero las de plástico (dosatron), suelen llevar componentes que no toleran el contacto con el fumigante. Hay bombas inyectoras proporcionales, de impulso regulado por ordenador (Figura 10), que permiten el máximo control y regularidad en la dilución del producto, o varios productos compatibles simultáneamente

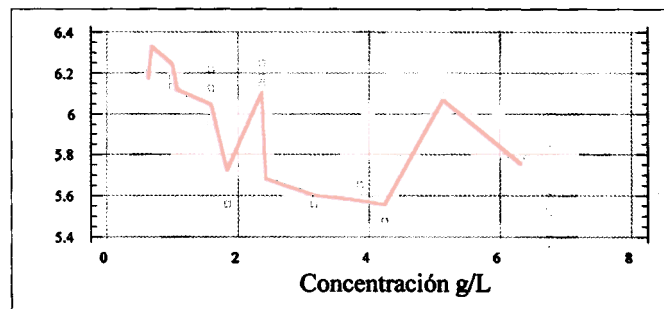


Figura 7. Log (Cosecha Total Comercial) por Concentración con sus valores de predicción. Se obtienen buenos resultados entre 0.68 y 2.5 g/L de riego de aplicación.

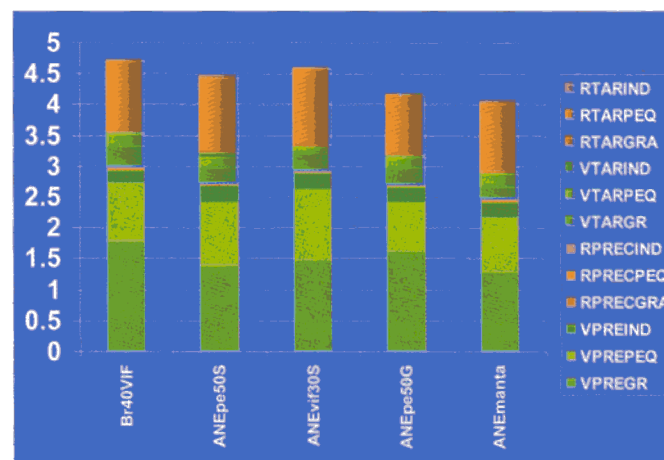


Figura 8. Producción de pimiento (Kg/m²), clasificado en rojo (R) o verde (V), precoz (PREC) o tardío (TAR) y grande (GRA), pequeño (PEQ) o industria (IND). No hay diferencias significativas entre tratamientos.

Estudio del alcance espacial del efecto fungicida en el suelo

En la desinfección de un suelo llano la primera pregunta que nos podemos hacer es cual es la separación óptima entre líneas o mangas de goteo. En principio la separación de 50 cm entre líneas parece la más adecuada, pero esto obliga a realizar una instalación especial sólo para desinfectar ya que los cultivos a los que va dirigida la desinfección, sobre todo fresón y pimiento, tienen separación de líneas de riego más anchas. Esto encarece mucho la aplicación. Por otra parte una separación entre líneas de 1 m para el pimiento, lo cual es bastante usual en los cultivos de invernadero, sería más adecuada para aprovechar la instalación de riego propia del cultivo.

En dos experimentos (Bolbait y Pilar de la Horadada) en los que se utilizaron sondas biológicas para determinar el alcance del efecto biocida, (Figura 1) se pudo comprobar que aunque a 50 cm de distancia (Figura 3) entre líneas de goteros existe algún efecto biocida, la mayor eficacia se alcanza hasta los 35 cm (Figura 2) de distancia del gotero, por tanto una separación de más de 70 cm no garantiza la desinfección en la parte central del pasillo

El problema se agrava si trabajamos la tierra con posterioridad, pues vamos a mezclar suelo bien desinfectado con la fracción de pasillo en donde la desinfección no ha sido suficiente y por tanto quedan estructuras patógenas vivas. Este efecto se aprecia perfectamente en la Figura 4, en la que el tratamiento al

PHYTOMA



Figura 9. a la izquierda, Tubería de PVC deformada al quedar residuos de la emulsión después del tratamiento. A la derecha venturi para la inyección en riego localizado.

llano, con una separación entre líneas de 1m (25;25;5.1m) tiene una producción significativamente inferior al mismo tratamiento con la separación de 50 cm (25;25;5) entre líneas.

Aplicación al suelo llano frente a la aplicación en lomos o mesetas

Con la aplicación en lomos se desinfecta la zona de crecimiento de las raíces, generalmente confinada al bulbo húmedo del riego localizado (Figura 1). La desinfección de los lomos al final del cultivo permite además la eliminación de los patógenos antes que alcancen formas de resistencia o migren (caso de los nematodos) a perfiles más profundos no alcanzables por la desinfección.

En experimentos realizados en cultivos de fresón (en Montesa) se observó una gran ventaja en la desinfección de lomos, efecto este que ha sido corroborado en el cultivo del pimiento en el Pilar de la Horadada (Figura 5) en donde todas las repeticiones de la aplicación al lomo dan producciones excelentes mientras las de aplicación al llano adolecen de una gran variabilidad.

No se ha apreciado reinfestaciones por hongos, aunque si hubo nematodos en el cultivo anterior existe la posibilidad de reinfestación a partir de los pasillos; este hecho se ha podido apreciar en el cultivo de pimiento en donde después de una cosecha excelente, algunas líneas presentan clorosis al final del cultivo y se detecta presencia de algunos nódulos de *Meloidogyne* en raíces. En cualquier caso el comportamiento (Figura 5) es tan bueno como el BM. Se debe vigilar el agua aportada durante el cultivo para evitar excesos de humedad ya que los goteros quedan debajo del acolchado y permanecen fijos durante el cultivo.

Volumen de agua aplicada, previa durante la aplicación del fumigante, de lavado

El volumen de agua utilizado para aplicar el producto se considera importante (AJWA Y TROUT, 2000) para optimizar el método de aplicación, y se estima que para un suelo arenoso un gasto de agua elevado (35 L/m²) resulta mejor que un gasto menor. En algunos experimentos realizados en Valencia con suelos arcillosos y francos (CEBOLLA, 2005) se ha podido comprobar la mejora de la producción al aumentar el volumen de agua aplicada, tanto para la aplicación como para el lavado, sin embargo se han encontrado buenos resultados a partir de los 18 L/m² (Figura 6) aunque con resultados más consistentes a 36 L/m².

Los mejores resultados se obtienen a concentraciones entre 0.68 y 2.5 g/L de caldo (Figura 7).

Dado que la escasez y el precio del agua representen un problema en muchas zonas de producción, en otros experimentos hemos intentado aquilatar con



Figura 10. A la izquierda bomba de acero inoxidable, accionada por motor eléctrico. A la derecha sistema de dosificación proporcional gestionado por ordenador.

mayor precisión los volúmenes óptimos para nuestros suelos analizando también la importancia de un riego previo para llevar el suelo a niveles de humedad en los que los patógenos se encuentren activos. Hay que procurar evitar encharcamientos durante el riego previo que impidan la posterior penetración del producto con el agua de aplicación, para evitar pérdidas de eficacia desinfectante. En los suelos bajo invernadero, del Pilar de la Horadada el riego previo a la desinfección mejora los rendimientos del cultivo (Figura 4) la aplicación de 25 L/m² en los tratamientos (25;25;5 y 25;40;5) da más producción que los mismos sin riego previo (0;25;5 y 0;40;5) aunque no siempre las diferencias sean significativas. La notación (a;b;c) de la figura 4 representa el riego previo (a); riego de aplicación o caldo (b) y riego de lavado (c).

En otro experimento al aire libre en cultivo de fresón el efecto del riego previo resulta inapreciable dado que al aire libre la lluvia mantiene un nivel de humedad superior que bajo invernadero donde, aunque llueva, no se llega a humedecer el terreno.

La dosis de 25 L/m² de aplicación y 5 L/m² de lavado se ha confirmado como óptima, teniendo en cuenta el costo de agua, en muchos experimentos que no podemos exponer por falta de espacio.

Aplicación con flujo regular frente a irregular

Cabe preguntarse si la mejor aplicación es a concentración constante (25;25;5) o bien una aplicación corta y lavado largo (25;12.5;17.5) o incluso por impulsos 10 minutos inyectando y 10 minutos lavado (25;25;5imp), pero manteniendo el mismo gasto de agua.

Nuestros resultados (Figura 4) indican que las diferencias que encontramos no son significativas entre estos tratamientos, aunque el mejor tratamiento fue el (25;12.5;17.5), de 12.5 L/m² de aplicación seguido de un lavado de 17.5 L/m². Un flujo absolutamente regular no parece ser un factor crucial en la eficacia desinfectante por un mismo volumen de agua aplicada entre aplicación y lavado.

Aplicación con el riego a manta frente al riego localizado

En un experimento en Benicarló se comparó la eficacia de la desinfección aplicada con el riego localizado y el riego por inundación. Los resultados fueron muy similares, en ambos sistemas de aplicación. Otro experimento en el cultivo del pimiento en el Pilar de la Horadada confirman que la aplicación con riego a manta (ANE Manta) da resultados similares a los del riego localizado (Figura 8).

La aplicación de emulsiones con riego por inundación no consigue fácilmente garantizar la uniformidad de distribución del producto en parcelas anchas, aunque esta se mejora si se interponen obstáculos en el surco para producir tur-

bulencias. Sin embargo en zonas con capas freáticas superficiales no resulta conveniente este tipo de aplicación por los riesgos de contaminación de acuíferos.

Efecto a largo plazo

Uno de los valores del BM más apreciados por los agricultores en el cultivo del fresón y del pimiento es la persistencia de la eficacia del BM después de la repetición anual sucesiva del mismo tratamiento a lo largo de muchos años. En algunos experimentos en el cultivo del fresón tuvimos la sospecha de la existencia de alguna disminución de la producción debido a la repetición del cultivo, sin embargo en repeticiones de al menos 4 años en el cultivo del pimiento no se ha podido constatar la pérdida de eficacia o de producción. Las pérdidas de producción se han acabado atribuyendo a otras causas como las climatológicas o problemas puntuales en alguna repetición, independiente del tratamiento.

Formas de poner el plástico de cobertura

La manera habitual de disponer el plástico para la desinfección en invernaderos de cultivo de pimiento consiste en abrir zanjas coincidiendo con los pies derechos y juntar los bordes de los plásticos de cobertura contiguas para sellarlos con tierra de manera que todo el invernadero queda perfectamente cubierto por el plástico sin ningún resquicio. Otra posibilidad, con un ahorro importante de mano de obra es el grapado de los mismos bordes enrollando con varias vueltas dos bordes contiguos y grapando o precintando con cinta adhesiva. En un experimento en el Pilar de la Horadada se compararon el sellado (ANEpe50S) con el grapado (ANEpe50G) ambas a 50 g/m² con cubierta de PE, tomando como referencia el BM a 40 g/m² con cubierta VIF.

Los resultados (Figura 8) muestran que el sellado con tierra, más costoso, no mejora la producción frente al grapado ya que no muestra diferencias sig-

nificativas. Sin embargo los escapes de producto dentro del invernadero resultan mucho más molestos durante la aplicación.

Tipos de plástico de cobertura

El plástico de cobertura más utilizado es el polietileno (PE), aunque los últimos años de utilización de BM se ha obligado a utilizar cubierta VIF (Virtually impermeable film) a una dosis reducida de producto. En el experimento citado en el apartado anterior se comparó la mezcla 1,3-d + pic, bajo ambas cubiertas, PE (ANEpe50S) a una dosis de 50 g/m² de y VIF (ANEvif30S) con una dosis de 30 g/m², sin que se aprecien diferencias significativas entre ellos ni con el BM (Figura 8).

Precauciones

Los formulados de 1,3d y pic son altamente corrosivos para materiales como, aluminio, hierro, magnesio, cinc y sus aleaciones. El PVC, látex y gomas naturales no toleran las concentraciones altas del producto, para el contacto directo con el producto hay que utilizar materiales como polietileno, teflón o vitón.

Después de la aplicación hay que lavar tuberías abriendo el final de la conducción principal para evitar la posibles acumulaciones en recodos o deposición de la emulsión o del producto concentrado que podrían causar fototoxicidad si aun persiste en el interior de las conducciones en los primeros riegos después de la plantación.

Agradecimientos. La investigación mencionada en este trabajo ha sido subvencionada por los proyectos INIA SC97130, INIA OT03-006-C7 Sup.G, IVIA 5501 y se ha realizado con la colaboración de las cooperativas VALSUR y SURINVER.

BIBLIOGRAFÍA

- AJWA H., TROUT T. 2000. *Strawberry growth and yield with three years of drip fumigation*. International Research Conference on Methyl Bromide, Alternatives and Emissions Reduction. Orlando, Florida 25,1-4.
- V. 2003. *Valoració agronòmica de diverses alternatives químiques i no convencionals al bromur de metil en conreus d'horta*. Tesis Doctoral. U. P. València
- CEBOLLA V., NAVARRO C., MONFORT P., LLORACH S. 2003. *El problema de la repiantación de alcachofa (Verticillium dahliae Kieb.) en la zona de Benicarló y su control*. PHYTOMA España: 149: 47-52
- CEBOLLA V., BARTUAL R., MAROTO V. 2004. *Water volume as related to effectiveness of 1,3-dichloropropene and chloropicrin mixture by drip application for a strawberry crop in Spain*.