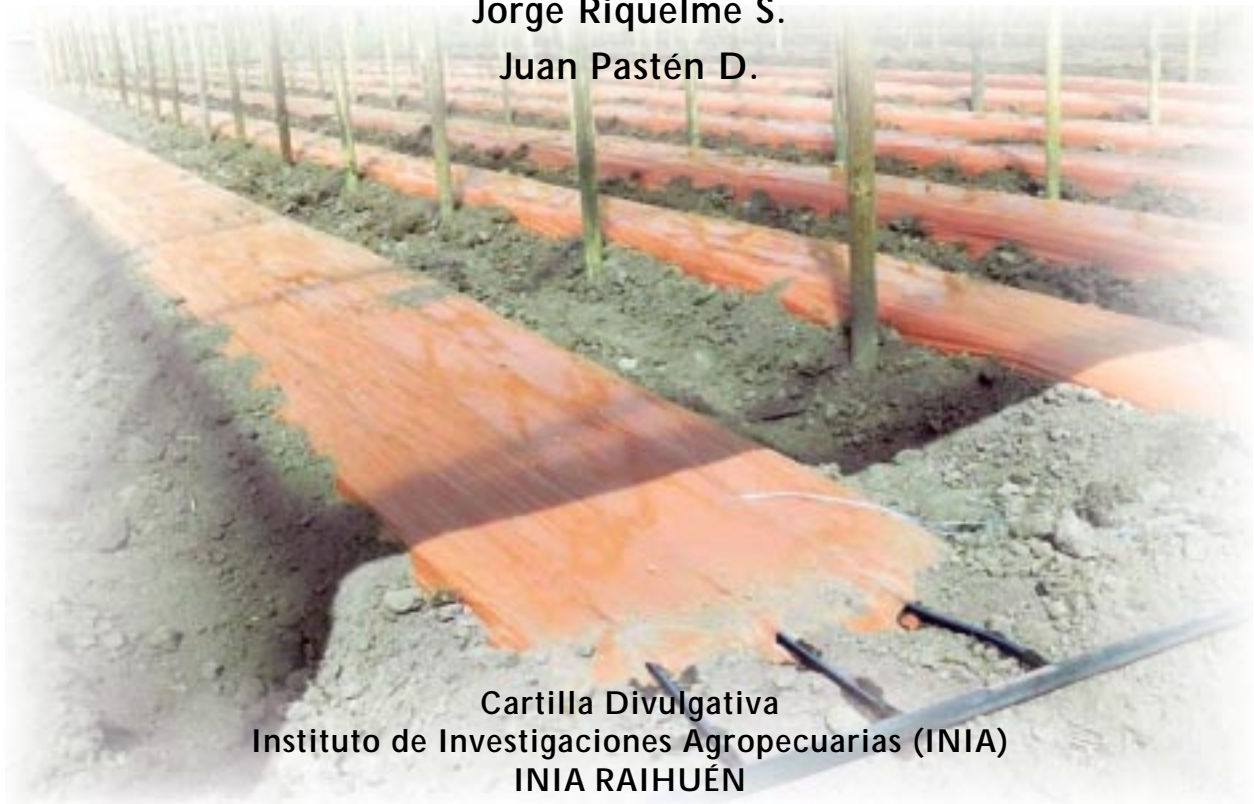


Proyecto:
*"Introducción de Alternativas Sustentables de Reemplazo
al Bromuro de Metilo en la Producción de Tomates en
Invernaderos de Colín"*

Desinfección del Suelo con Metam Sodio para Almácigo y Plantación

Edmundo Varas B.
Jorge Riquelme S.
Juan Pastén D.



Cartilla Divulgativa
Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
INIA RAIHUÉN

Marzo de 2005



Autores:

Edmundo Varas Bordeu

Ingeniero Agrónomo (INIA -Raihuén)

Jorge Riquelme Sanhueza

Ingeniero Agrónomo Dr. (INIA -Raihuén)

Juan Pastén Duarte

Ingeniero Agrónomo (Consultor)

Cita Bibliográfica:

Varas, E.; Riquelme, J. y Pasten, J. 2005. Desinfección de suelo con Metam Sodio para almácigo y plantación. Instituto de investigaciones Agropecuarias, INIA -Raihuén. Talca, Chile. Cartilla Divulgativa, 8 p.

INIA -Raihuén: Avda. Esperanza s/n. Estación Villa Alegre, Villa Alegre, VII Región, Chile. Casilla 34, San Javier.
Teléfono Fax (73) 381768, 381769, 381770.
E-mail: atorres@inia.cl

Esta Cartilla ha sido financiada por la
Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Diseño y Diagramación: Jorge Berríos V.
Impresión: Gutenberg ® Talca, 4 Sur 1175

Cantidad de ejemplares: 1.000

Talca, VII Región, Chile.

Introducción

Antecedentes bibliográficos, demuestran que por más de 30 años, el Metam Sodio se ha empleado con mucho éxito en el mundo como desinfectante de suelo, reduciendo substancialmente las poblaciones de nemátodos y hongos. También permite controlar las malezas y sus semillas en proceso de germinación, ya sean gramíneas o de hojas ancha, anuales o perennes. Entre los fumigantes químicos utilizados como alternativas de reemplazo al Bromuro de Metilo en los ensayos realizados por el INIA en la V Región, en tomate, ha sido el producto que presentó los mejores resultados y que puede ser una alternativa económica frente al Bromuro de Metilo, es por ello que ha sido incluido en los ensayos demostrativos en invernaderos de agricultores del sector de Colín, Maule, VII Región.

El nombre Metam Sodio, corresponde al ingrediente activo y actualmente se comercializa en Chile bajo dos marcas comerciales: BL -1480 y RAISAN-50. Este agroquímico al diluirse en el agua del suelo se descompone y da origen al gas metil isotiocianato (MIT), que es el que actúa sobre los organismos que controla.

Cualquier producto químico que se desee aplicar como fumigante o desinfectante de suelo, requiere de ciertas condiciones, generales o específicas, de suelo y manejo para lograr el máximo control de hongos, nemátodos, insectos y malezas. La literatura señala que la temperatura, humedad, textura y preparación de suelos son factores que están íntimamente ligados al comportamiento de los fumigantes de suelo, por lo que para lograr un óptimo resultado, es necesario saber cuales son las condiciones más adecuadas de aplicación de cada alternativa.

En el momento de la aplicación, el suelo debe tener una humedad media, equivalente a la considerada optima para la siembra o plantación. El suelo debe ser humedecido por lo menos una semana antes de la aplicación, para estimular la germinación de las semillas de malezas y activar el crecimiento de nemátodos y hongos y poder así lograr un mejor control. En suelos secos, la gasificación es muy rápida sobre todo en la superficie, y no se consiguen concentraciones letales del fumigante. En contraposición en condiciones de alta humedad, una gran parte de los poros están saturados de agua, por lo que el gas difunde con dificultad y en forma desigual a través del suelo provocando una fumigación deficiente.

En cuanto a la temperatura, un suelo cuando tiene entre 10 y 25° C ofrece las mejores condiciones para lograr un adecuado efecto fumigante. Los microorganismos, semillas e insectos se activan a temperaturas superiores a 10°C, luego, sobre esa temperatura tienen la sensibilidad necesaria a los fumigantes, que garantizan una rápida efectividad. Si la temperatura es inferior a 10°C el proceso de acción es más largo y se prolonga el tiempo de espera para el trasplante del cultivo.

Con relación a la textura y el laboreo; en suelos arenosos y sueltos la difusión del fumigante es más rápida y efectiva, mientras que en aquellos pesados o arcillosos es más lenta, ya que el tamaño de los poros es menor, por lo que se requiere más tiempo para que el gas difunda en todo el perfil del suelo considerado. Para lograr una buena desinfección, el suelo debe estar bien mullido (a una profundidad de 25 a 35 cm), de modo que aumente la superficie de contacto entre el gas y los organismos que se quieren controlar, es importante retirar los restos del cultivo anterior. De acuerdo a las experiencias realizadas por INIA, bajo las condiciones de clima y suelos de Chile, para alcanzar una buena efectividad en el control hongos, nemátodos y semillas de malezas, lo recomendable es aplicar el Metam Sodio entre septiembre y marzo, que corresponde a los meses donde se tiene la certeza de alcanzar tem-



peraturas de suelo sobre los 10 ° C. En este periodo se puede tener la seguridad, que el producto aplicado en forma líquida, por acción de la temperatura gasificará, lo cual permitirá que este se distribuya en el suelo, eliminando los patógenos que afectarán al cultivo posterior.

Para lograr un buen control, después que el suelo ha sido fumigado, es necesario sellarlo por varios días, con una cubierta de polietileno. Posteriormente, antes de establecer el cultivo, el suelo debe ventilarse por algún tiempo para prevenir daños a las plantas por eventuales residuos de los fumigantes utilizados. Para verificar que no queden residuos fitotóxicos en el suelo se pueden colocar algunas plantas de cultivos sensibles como plantines de lechuga, o sencillamente tomar una muestra de suelo en el área de aplicación, cuando se considere que se ha cumplido el tiempo de carencia del producto en el suelo, para lo cual se introduce en un frasco de vidrio transparente, sembrando algunas semillas de lechuga. Si el producto todavía está activo, las semillas no germinarán, y en caso contrario, es un indicador que el suelo está apto para sembrar o plantar.

La efectividad del Metam Sodio como desinfectante se relaciona con la velocidad de descomposición y de difusión de éste en el suelo, que además de las condiciones generales mencionadas anteriormente, se ve afectada por la temperatura, el pH y el contenido de materia orgánica. El pH afecta de manera considerable la descomposición del Metam Sodio; en la gran mayoría de los suelos agrícolas de pH neutro o ligeramente alcalinos, se obtiene mayor cantidad de MIT que en aquellos de pH ácido, en los que la eficiencia del producto es menor. En suelos ricos en materia orgánica el MIT se difunde con dificultad porque es absorbido por las partículas de ésta. El Metam Sodio no debe aplicarse sobre cultivos establecidos. Si existe algún cultivo o plantas cerca del área a fumigar, se debe dejar una distancia mínima de seguridad de diez metros, en especial cuando se trata de plantines en almaciguera o en bandeja, puesto que los gases pueden afectar a las plantas.

Para la producción de almácigos, se debe cultivar el suelo varios días antes del tratamiento y mantenerlo húmedo (no saturado) antes de la aplicación y cubierto con mulch de polietileno.

Desinfección de Suelos para Almacigo

Se aplica el Metam Sodio con un pulverizador hidráulico de mochila (Foto 1), utilizando una boquilla de abanico para aplicaciones en banda, preferentemente cubierta por una pantalla, para evitar la deriva y localizar adecuadamente el producto a fin de lograr el máximo rendimiento económico y la mínima contaminación del medio. La dosis de ingrediente activo (Metam Sodio) varía entre los 100 a 120 cc/m² de suelo efectivamente a sembrar.

Para determinar la superficie que efectivamente será fumigada, es necesario determinar el largo de la mesa de siembra y multiplicarlo por el ancho de esta, Por ejemplo si el largo de la mesa de siembra es de 10 m y el ancho de la misma es de 0,6 m, la superficie total será:



**Foto 1.
Aplicación del
desinfectante con
un pulverizador
hidráulico de mochila.**

Superficie total (m²) = Largo de la mesa (m) x Ancho de la mesa (m).
Para el ejemplo anterior sería: Superficie total (m²) = 10 (m) x 0,6 (m) = 6 m²

La dosis de fumigante a utilizar se determina multiplicando la superficie total por la dosis recomendada. De esta manera si la dosis recomendada es de 120 cm³/m² la dosis a utilizar será:

Dosis fumigante (cm³) = Superficie total (m²) x Dosis recomendada (cm³/m²)
Así: Dosis fumigante = 6 (m²) x 120 (cm³/m²) = 720 (cm³) = 0,72 (L)

La aplicación del producto debe realizarse diluyéndolo en agua, de manera que la solución aplicada posea una concentración de 2 a un 3%. Para determinar el volumen total de la mezcla fumigante más agua se aplica la siguiente relación:

Volumen de la mezcla total (L) = $\frac{\text{Dosis de fumigante (L)} \times 100}{\text{Porcentaje de concentración (\%)}}$

De esta manera si la concentración recomendada es de 2,5% tenemos:

Volumen de la mezcla total (L) = $\frac{0,72 \text{ (L)} \times 100}{2,5 \text{ (\%)}} = 28,8 \text{ (L)}$

Si la capacidad medible del estanque del pulverizador de mochila es de 15 (L) calculamos la dosis de fumigante a aplicar mediante la siguiente relación:

Dosis fumigante (L) = $\frac{\text{Capacidad estanque (L)} \times \text{Porcentaje concentración (\%)}}{100}$

Así: Dosis fumigante (L) = $\frac{15 \text{ (L)} \times 2,5 \text{ (\%)}}{100} = 0,375 \text{ (L)} = 375 \text{ (cm}^3\text{)}$

La manera correcta de llenar el estanque es poner 1/3 de agua, agregar la dosis calculada de fumigante para el estanque (375 cm³) y luego agregar agua hasta completar los 15 (L). Una vez completada la aplicación del primer estanque se efectúa el llenado con el resto del producto (345 cm³ del fumigante mezclado con agua hasta completar un volumen de 13,8 L).

Si desea saber en cuantos metros lineales de platabanda debe aplicar los 15 litros de capacidad del estanque de la bomba se puede hacer la siguiente relación:

Metros de platabanda a fumigar = $\frac{\text{Capacidad de la bomba (L)} \times \text{Largo de la platabanda (m)}}{\text{Volumen de la mezcla total (L)}}$

Para los datos que se han puesto de ejemplo, con una bomba de 15 litros de capacidad se debería fumigar:

Metros de Platabanda a Fumigar = $\frac{15 \text{ (L)} \times 10 \text{ (m)}}{28,8 \text{ (L)}} = 5,21 \text{ m}$

De acuerdo al cálculo, considerando que la platabanda tiene 0,6 m de ancho los 15 litros de mezcla se deben distribuir en un largo total de 5 metros y 21 centímetros de platabanda.

La aplicación de la mezcla debe efectuarse distribuyendo la solución lo más homogéneamente posible sobre la superficie de suelo destinada al almácigo. Al finalizar la aplicación se debe volver a aplicar un volumen similar de agua en la superficie tratada, de esta manera el producto quedará bajo una película de agua y al mismo tiempo, permite limpiar el equipo utilizado. Una vez terminada esta operación se cubre la superficie con plástico y se mantiene cubierta 14 a 28 días (Foto 2).

Durante la aplicación se recomienda considerar todas las medidas de seguridad pertinentes a la aplicación de pesticidas, tanto en la preparación de la formulación como en su aplicación. Utilizar un traje de seguridad apropiado, guantes de vinilo, máscara con filtros, antiparras y botas. El operador debe estar debidamente capacitado y preferentemente contar con el carné de aplicador validado por el SAG.

Es conveniente que este tipo de aplicaciones sean supervisadas por un profesional a cargo de la aplicación, quien deberá recomendar el tiempo que deberá durar el tratamiento, el que basará su recomendación en las condiciones ambientales y tipo de suelo. Se estima que en un suelo de textura liviana, con buen drenaje y con temperaturas superiores a 10 °C, se deberá esperar entre 14 a 20 días, para la plantación. Si el suelo es pesado, con un alto contenido de materia orgánica o si permanece húmedo y frío después de la aplicación del producto se deberá dejar pasar un plazo de 20 a 28 días antes de la siembra. El tiempo de ventilación debe ser igual a la mitad del tiempo señalado para el tratamiento.



Foto 2.
La superficie aplicada debe quedar bien cubierta con un plástico.

Luego de aireado el suelo se puede sembrar con tranquilidad. Para mayor seguridad se puede realizar el test de germinación, indicado anteriormente.

La literatura señala que Metan Sodio es muy usado en sistemas de manejo integrado de plagas, técnicas desarrolladas de sanidad, agentes de control biológico y métodos de pasteurización de suelo, como la solarización, agua caliente o vapor. Este producto no es compatible con soluciones ácidas y es corrosivo para el bronce y el cobre.

Desinfección de Suelos para Plantación

El suelo debe cultivarse varios días antes de efectuar el tratamiento. Deberá mantenerse antes de la aplicación húmedo (no saturado), libre de terrones, como así también se deberán instalar las cintas de riego y cubrir con el mulch de plantación.

El Metam Sodio se puede aplicar a través del sistema de inyección de fertilizante, para determinar la superficie que efectivamente será fumigada, será necesario determinar el largo de la mesa de plantación y multiplicarlo por el ancho de esta, y el resultado deberá ser multiplicado por el número de mesas del sector de riego.

De esta manera:

$$\text{Superficie a fumigar (m}^2\text{)} = \text{Largo mesas (m)} \times \text{Ancho mesas (m)} \times \text{N}^\circ \text{ de mesas}$$

Por ejemplo si el largo de las mesas es de 45 m el ancho de las mesas es de 0,6 m y el sector de riego tiene 16 mesas, entonces:

$$\text{Superficie a fumigar (m}^2\text{)} = 45 \text{ (m)} \times 0,6 \text{ (m)} \times 16 = 432 \text{ m}^2$$

Las recomendaciones de dosis de producto para la desinfección de suelo para plantación varían entre 0,1 a 0,12 L/m² (equivalente a 100 a 120 cm³/m²) de suelo cultivado. Para obtener la dosis de fumigante a utilizar en el tratamiento se multiplica la superficie a fumigar por la dosis recomendada, de esta manera:

$$\text{Dosis de fumigante (L)} = \text{Superficie a fumigar (m}^2\text{)} \times \text{Dosis recomendada (L/m}^2\text{)}$$

$$\text{Así: Dosis de fumigante (L)} = 432 \text{ (m}^2\text{)} \times 0,12 \text{ (L/m}^2\text{)} = 51,84 \text{ (L)}$$

Para obtener una correcta dosificación del producto en el sistema de riego se hace necesario determinar el caudal del sector de riego. Litros de agua que se aplican en una hora (L/hr).

El que se obtiene mediante la siguiente relación:

$$\text{Caudal sector de riego (L/hr)} = \text{N}^\circ \text{ de cintas por mesa} \times \text{Largo mesa (m)} \times \text{N}^\circ \text{ de mesas} \times \text{Caudal cinta (L/ m lineal x hr)}$$

Por ejemplo: ¿Cuál es el Caudal de un sector de riego que posee 2 cintas por mesa?, el largo de las mesas es de 45 m, el numero de mesas es de 16 y el caudal de la cinta es de 4L (litros que entrega por cada metro lineal de cintas en una hora).

$$\text{Así: Caudal sector de riego (L/hr)} = 2 \times 45 \text{ (m)} \times 16 \times 4 \text{ (L/ m lineal x hr)} = 5.760 \text{ (L/hr)}$$

La aplicación del producto deberá ser realizada de acuerdo al caudal de agua total del sistema de riego, de manera que la solución inyectada posea una concentración entre un 2 y un 3%.

Sobre esta base se determina el tiempo de aplicación del fumigante de acuerdo a la concentración (%) recomendada. Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de aplicación estimado (min)} = \frac{\text{Dosis de fumigante (L)} \times 6.000 \text{ (min/hr)}}{\text{Porcentaje de concentración (\%)} \times \text{Caudal sector de riego (L/hr)}}$$

De esta manera si la concentración del producto recomendado es de 2,5%, ¿cuál será el tiempo de aplicación estimado para el ejemplo considerado?.

Utilizando la fórmula tenemos:

$$\text{Tiempo de aplicación estimado (min)} = \frac{51,84 \text{ (L)} \times 6.000 \text{ (min/hr)}}{2,5 \text{ (\%)} \times 5.760 \text{ (L/hr)}} = 21,6 \text{ (min)}$$

Sobre la base del tiempo estimado de aplicación podemos determinar el caudal requerido para el equipo inyector, ya sea un Dosatron, Venturi o una bomba inyectora auxiliar. De esta manera el caudal de inyección se obtiene mediante la siguiente relación:

$$\text{Caudal de inyección o aspiración del producto (L/min)} = \frac{\text{Dosis de fumigante (L)}}{\text{Tiempo de aplicación estimado (min)}}$$

Entonces para el ejemplo analizado el caudal de inyección requerido será:

$$\text{Caudal de inyección o aspiración del producto (L/min)} = \frac{51,84 \text{ (L)}}{21,6 \text{ (min)}} = 2,4 \text{ (L/min)}$$

Se deberá ajustar entonces el caudal de inyección o de aspiración para que en un minuto de riego, el equipo inyecte o permita aspirar 2,4 L del producto. En todos los casos la dosis, el tiempo de aplicación y la concentración del fumigante deben ser cuidadosamente calculados. Cuando la aplicación se realice a través del sistema inyector de fertilizante, ubicado entre el espejo de agua y la bomba será necesario contar con una válvula de retención para evitar contaminar el pozo en caso de corte de luz u ocurra una falla en el sistema de bombeo.



Foto 3. Equipo de aplicación de Metam Sodio mediante riego por cinta.

Otra manera de verificar que el trabajo se está haciendo en forma adecuada, es ubicar el tambor del producto sobre una balanza, por ejemplo si el tambor del producto tiene un peso neto de 240 kg y contiene 200 L, debería descender proporcionalmente a medida que se le saca producto, de acuerdo al siguiente cálculo:

$$\text{Peso equivalente (Kg)} = \frac{\text{Dosis de fumigante (L)} \times \text{Peso neto tambor (Kg)}}{\text{Volumen total producto (L)}}$$

$$\text{Peso equivalente (Kg)} = \frac{51,84 \text{ (L)} \times 240 \text{ (Kg)}}{200 \text{ (L)}} = 62,21 \text{ (Kg)}$$

De esta manera cuando la balanza indique (240 - 62,21) 177,79 kg, deberá detenerse la inyección del producto porque se habrá extraído 51,84 L.

Si no se dispone de una balanza, se puede verificar el descenso del volumen en el tambor del Metam Sodio. Por ejemplo si el tambor lleno con el producto tiene una altura de 100 cm y contiene un volumen de 200 L, también proporcionalmente debería descender a medida que se le saca producto, de acuerdo al siguiente cálculo:

$$\text{Altura equivalente (cm)} = \frac{\text{Dosis de fumigante (L)} \times \text{Altura tambor (cm)}}{\text{Volumen total producto (L)}}$$

$$\text{Altura equivalente (cm)} = \frac{51,84 \text{ (L)} \times 100 \text{ (cm)}}{200 \text{ (L)}} = 25,9 \text{ (cm)}$$

De esta manera cuando la altura del líquido en el interior de estanque descienda a (100 - 25,9) 74,1 cm, deberá detenerse la inyección del producto porque se habrá extraído la cantidad requerida de 51,84 L.

Al finalizar la aplicación se debe continuar regando por un tiempo similar al de aplicación, de esta manera el producto, sufre una carga de agua que lo incorpora en profundidad, además que esto permite dejar lavadas las tuberías y cintas de riego.

Las recomendaciones sobre la duración del tratamiento, son similares a las señaladas para la desinfección de suelo para almácigos. El tiempo de ventilación corresponde a la mitad del tiempo total señalado. Para ello simplemente se rompe el mulch, donde se ubicara la planta. Luego de aireado el suelo se efectúa la plantación. Para mayor seguridad se puede realizar el test de germinación indicado para almácigo.