

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

**ALTERNATIVAS DE DESINFECCIÓN
DE SUELO EN LA PRODUCCIÓN
DE TOMATES EN INVERNADEROS
DE COLÍN**



Editores

**Jorge Riquelme S.
Jorge Carrasco J.**

BOLETÍN INIA N° 155

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ALTERNATIVAS DE DESINFECCIÓN DE SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATES EN INVERNADEROS DE COLÍN



Editores:
Jorge Riquelme S.
Jorge Carrasco J.

INIA - Raihuén
Villa Alegre, 2006

La presente publicación entrega los principales resultados obtenidos en el marco del proyecto "Introducción de alternativas sustentables de reemplazo al bromuro de metilo en la producción de tomates en invernaderos de Colín", desarrollado entre los años 2003 y 2006, con el apoyo financiero de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA)

Editores:

Jorge Riquelme S.
Dr. Ingeniero Agrónomo MglA.
INIA - Raihuén
Jorge Carrasco J.
Dr. Ingeniero Agrónomo
INIA - Rayentue

Director Responsable:

Víctor Valencia B.
Director Regional INIA - Raihuén.

Boletín INIA N° 155.

Cita Bibliográfica correcta:

Riquelme, S., J. y Carrasco, J., J. (ed.). 2006. Alternativas de desinfección de suelo en la producción de tomates en invernaderos de Colín. Villa Alegre, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 155, 106 p.

2006, Instituto de investigaciones Agropecuarias, INIA, Centro Regional de Investigación Raihuén, Avenida Esperanza s/n, Estación Villa Alegre, Villa Alegre, Teléfonos/Fax (56-73) 381768-381769-381770, Casilla 34 San Javier, Región del Maule, Chile.

ISSN 0717 - 4829

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

Revisores Técnicos:

Ernesto Labra L.; Oscar Astudillo M.; Fernando Fernández E. y Sergio Molina H.

Dibujos, Diseño y Diagramación: Jorge Berríos V.

Impresión: Imprenta Salesianos S. A.

Cantidad de ejemplares: 500

Villa Alegre, Chile, 2006

TABLA DE CONTENIDOS

	Págs.
INTRODUCCIÓN _____	5
1. DIAGNOSTICO INICIAL _____	9
2. NEMATODOS EN SUELOS DEDICADOS A LA PRODUCCIÓN DE TOMATES _____	13
3. HONGOS EN SUELOS DEDICADOS AL MONOCULTIVO DE TOMATE _____	23
4. BIOFUMIGACIÓN _____	41
5. VAPORIZACIÓN DE SUSTRATOS _____	49
6. METAM-SODIO PARA ALMÁCIGO Y PLANTACIÓN _____	55
7. ENSAYOS DE PRODUCCIÓN DE TOMATES BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE DESINFECCIÓN DE SUELO _____	69
8. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS AL BROMURO DE METILO EVALUADAS _____	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	103

INTRODUCCIÓN

El presente Boletín técnico presenta los principales resultados obtenidos por el proyecto "Introducción de alternativas sustentables de reemplazo al Bromuro de Metilo en la producción de tomates en invernaderos de Colín", financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y ejecutado por el Instituto de Investigaciones Agropecuaria (INIA - Raihuén) asociado con la Empresa Servicios de Asesoría Empresas Limitadas (SAE Ltda.). Además, incluye una descripción y recomendaciones de uso de las técnicas alternativas al bromuro de metilo evaluadas bajo condiciones de producción de tomates en invernaderos de la VII Región. El proyecto se ejecutó en el sector Colín, comuna del Maule, Región del Maule, con el objetivo de incorporar sistemas de desinfección de suelos en almácigos de tomate, alternativos al Bromuro de Metilo (BrMe) para el control de hongos y nematodos, y de desinfección de suelos en los camellones plantación, para productores de tomate en invernadero.

La Región del Maule, es la zona del país con mayor superficie dedicada a la producción de tomate (8.990 ha), alcanzado un 44,4% de la superficie del país, con una producción en la temporada 1999/2000, de 659.625 ton, correspondiendo al 62,2 % de la producción nacional. La producción de tomate en invernadero de la Región del Maule es la tercera en superficie, concentrando el mayor porcentaje de productores en el sector de Colín, comuna de Maule, con alrededor de 300 productores, los que abastecen durante noviembre y diciembre gran parte de la demanda de Talca al Sur.

El bromuro de metilo, desde la década del 40, en el siglo pasado ha sido un fumigante de amplio espectro por su alto potencial biocida, relativamente bajo costo, baja persistencia y fácil aplicación, que se ha utilizado para desinfectar suelos y sustratos en cultivos agrícola. No obstante a estas ventajas, es una sustancia que afecta la capa de ozono, filtro natural de la tierra a la radiación ultravioleta, por lo cual se hace necesario su reemplazo y eliminación total como insumo agrícola.

La existencia del bromuro de metilo se ha restringido por los acuerdos tomados por 160 países firmantes del Protocolo de Montreal, entre los cuales se encuentra Chile. Existe el compromiso de no uso de este fumigante, por parte de los países desarrollados, a contar del 01 de Enero del 2005, y reducción sostenida desde mediados de los años 90 para los países en vías de desarrollo, como subdesarrollados.

Chile, ha debido comenzar la reducción gradual del bromuro de metilo a partir del año 2005, con medidas tomadas por el SAG, como la suspensión preventiva hasta el 31 de diciembre de ese año de la fabricación e importación de plaguicidas formulados en base a bromuro de metilo, a través de la publicación en el Diario Oficial de la resolución Exenta N° 1.819 del 19 de abril del 2005. Esta resolución se prorrogó hasta el 1° de marzo del 2006, lo que le ha permitido a Chile retomar los compromisos adquiridos de reducción de bromuro de metilo.

En la actualidad, existen una serie de productos alternativos al bromuro de metilo para la desin-

fección de suelos y sustratos. Sin embargo, estos no tienen los mismos atributos que este fumigante para el control de poblaciones de organismos fitopatógenos y malezas, como mayores períodos de espera después de la desinfección, persistencia o residualidad en el suelo, riesgo de contaminación de las napas o aguas subterráneas, y dificultad para su aplicación (equipamiento especial, un determinado grado de humedad del suelo/ sustrato, entre otros). Lo anterior refleja que, no obstante algunos casos particulares, lo más frecuente será que el reemplazo definitivo del bromuro de metilo como fumigante de suelos y sustratos, se produzca por una aplicación coordinada de productos y/o estrategias tecnológicas de control de plagas, enfermedades y malezas, que permita alcanzar las ventajas del bromuro de metilo.

En este documento se presentan en el capítulo 1, los resultados de un diagnóstico realizado a 155 productores de Colín y otras localidades productivas de la comuna de Maule, que muestra la situación inicial de los productores en el año 2004 y los principales problema relacionados con el reemplazo del bromuro de metilo.

En los capítulos 2 y 3, se dan a conocer las principales enfermedades detectadas en la producción de tomates de invernadero causadas por nematodos y hongos, determinadas mediante muestreo de suelo realizado a 30 productores, como a suelos donde se establecieron cinco unidades de validación de técnicas alternativas al bromuro de metilo. Se presentan también los resultados de las mediciones de efectividad de control, lograda con los diferentes tratamientos aplicados.

Los capítulos 4, 5 y 6, presentan la metodología de aplicación de los diferentes tratamientos de desinfección de suelo recomendados a partir de las evaluaciones realizadas en las diferentes unidades de validación establecidas en Colón, como lo son: la Biomufigación, la Vaporización de sustratos y uso de la alternativa química Metam-sodio.

El Capítulo 7, muestra los resultados de las evaluaciones efectuadas en los ensayos tanto para la producción de almácigos a raíz desnuda o en bandejas con sustrato. Así como los resultados de las mediciones efectuadas en la producción de tomates con las diferentes alternativas de desinfección de suelo.

En el Capítulo 8, se presenta un análisis económico, que incluye un análisis de costo de la vaporización de sustratos y un análisis que demuestra la rentabilidad del uso de Metam-sodio.

Finalmente, en este boletín se entregan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas de la evaluación de las distintas técnicas alternativas al bromuro de metilo en la producción de tomates bajo invernadero.

Los Editores.

DIAGNÓSTICO INICIAL

Jorge Riquelme S.¹ ; Raúl Palma L.² y Pablo Castillo S.³.

Con el objetivo de conocer el consumo inicial de Bromuro de Metilo en la producción de tomates bajo invernadero, tanto en almácigo como en las mesas de producción y a su vez, disponer de la información de los principales problemas fitosanitarios que los afectan, se aplicó un diagnóstico a 155 productores de Colín y otras localidades productivas de la comuna de Maule. Considerando una cantidad cercana a 300 productores en la comuna, fueron encuestados más del 50% de los productores.

Los resultados del diagnóstico destacaron que todos los productores encuestados aplicaban bromuro de metilo, en su mayoría para desinfectar el suelo que utilizan para efectuar sus almácigos, con un promedio de 9 bombonas cada uno, con un consumo anual de 1219 bombonas, en base a esta información se pudo estimar un consumo anual en el área de 1658 Kg. de bromuro de metilo.

En cuanto a años de utilización, la mayoría lo empleaba desde hace 15 años, esto lo hacía ser una práctica tradicional, la cual es difícil de modificar sino se entrega una alternativa tan económica como efectiva de reemplazo al Bromuro de Metilo. El 66% ya conocía de la próxima eliminación del uso del Br de Me y el 95 % no conocía alguna alternativa para reemplazar el Bromuro de Metilo. Este último dato confirmaba la necesidad de efectuar este Proyecto para poder capacitar y enseñar las alternativas que actualmente existen de reemplazo al Bromuro de Metilo.

¹ Ingeniero Agrónomo Dr. Ag. Investigador INIA Raihuén.

² Ingeniero Agrónomo Director SAE LTDA.

³ Ingeniero Agrónomo Transferencista SAE LTDA.

Con respecto a la tenencia de la tierra, la **Figura 1**, muestra un mayor porcentaje de arrendatarios (68%), seguidos por un 25% de propietarios y solo un 7% de medieros. Estos resultados son bastante coincidentes con los obtenidos por la Corporación FPP Sur en el año 2002, con un 77% de arrendatarios y sólo un 20,8% de propietarios (COLINTOM A.G., 1992).

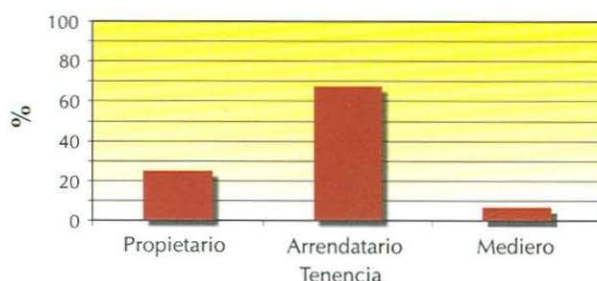


Figura 1. Tenencia de la tierra de los productores de tomate en invernadero de Colón.

En cuanto al número de naves por productor, estas variaron desde 2 hasta 90 naves, variabilidad también coincidente con la obtenida por la Corporación FPP Sur. En la **Figura 2**, se muestra el resultado por rangos de nave. En esta figura se destaca el alto porcentaje de productores con número de naves inferiores a 20 (82%), indicando que en su mayoría se trata de pequeños productores.

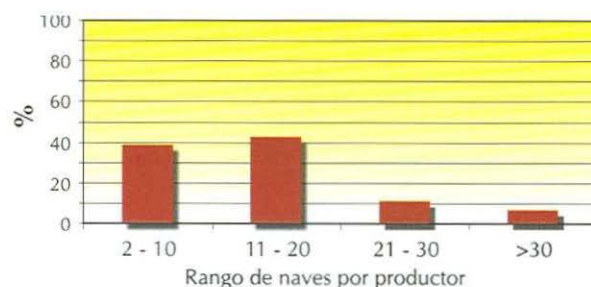


Figura 2. Rango de naves por productor.

El ancho de las naves reportados por todos fue de 6 m, con largos variables entre 30 y 66 me-

tros, en su mayoría de 50 m de largo. El 87% de los productores efectuaban sus propios almácigos. En la **Figura 3**, se muestra el porcentaje de productores que utilizaba una determinada variedad de semilla de tomates en sus invernaderos.

La variedad con un mayor porcentaje de uso resultó ser Agora (52%), la que ya presentaba un pequeño descenso en comparación a los resultados obtenidos por la Corporación FPP Sur (67%), la variedad Presto (38%) presentaba un descenso mucho mayor que en la encuesta anterior (68%). La variedad Fortaleza (24%) había incrementado su porcentaje con respecto a la encuesta efectuada en el año 2002 (3,1%) y aparecía una nueva variedad, María Italia (12%), no reportada anteriormente.

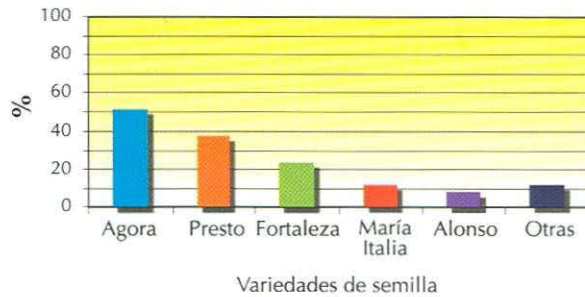


Figura 3. Variedades de semillas de tomates utilizadas por los productores de tomate en invernadero.

La **Figura 4**, muestra la necesidad de utilizar el Bromuro de Metilo en la desinfección del suelo para la producción de almácigo. De todos los controles, se destaca el efecto de eliminar las malezas (93%), seguido por el control de nematodos (48%), atributos importantes que debieran poseer las nuevas alternativas a emplear.

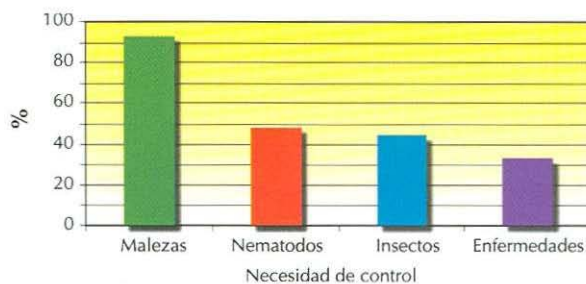


Figura 4. Necesidad de control en el uso del Bromuro de Metilo.

Finalmente, con relación al interés por capacitarse en las nuevas alternativas de reemplazo al Bromuro de Metilo el 98% manifestó su interés por participar.

NEMATODOS EN SUELOS DEDICADOS A LA PRODUCCIÓN DE TOMATES

Andrea Torres¹; Mauricio Lolas²; Cristian Muñoz²

Antecedentes generales

Debido tanto al método de desinfección de suelos o a la no realización de ésta, a la falta de un diagnóstico acertado del agente causal y al monocultivo de tomates en el sector de Colín y Unihue, Provincia de Talca, Región del Maule, existía un descontento y preocupación por parte de los agricultores con la disminución en sus producciones. De esta forma se planteó el incorporar la realización de análisis nematológicos a suelos provenientes de predios de treinta agricultores de esta zona geográfica. Cabe señalar que algunos nematodos parásitos de plantas se alimentan de los tallos, yemas u hojas, pero la gran mayoría se alimenta de las raíces. De los parásitos radiculares, existen los que se alimentan de la parte exterior de la raíz (ectoparásitos o parásitos externos), y los que se introducen y se alimentan de la parte interior (endoparásitos o parásitos interiores).

Resultados del diagnóstico nematológico

Una vez aislados e identificados los nematodos fitoparásitos se obtuvo que el género con mayor número de ejemplares por muestra (1 a 38) correspondió a *Heliocotylenchus* spp., a su vez fue detectado en el 36,67% de los suelos, otros géneros de nematodos identificados, corresponden a *Meloidogyne* spp. (46,67%) (**Foto 1**), siendo este último el género más frecuente en los suelos, *Pratylenchus* spp. (36,67%),

¹ Ingeniero Agrónomo, Investigadora, INIA Raihuén.

² Ingeniero Agrónomo M.S., Ph.D., Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca.

³ Técnico Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca.



Foto 1. Sistema radicular afectado con *Meloidogyne* spp.

Hemicycliophora spp. (20%), *Paratylenchus* spp. (10%) y *Trichodorus* spp. (6,67%) Adicionalmente, en el 30% de los suelos proveniente del diagnóstico, se determinó nematodos saprófitos.

Principales características de los nematodos detectados

***Meloidogyne* spp.:** dentro de los hospederos reportados se encuentran hortalizas, cereales, ornamentales, praderas, árboles, arbustos, remolacha, tabaco, algodón, papas, etc. La especie *M. incognita*, está involucrada en muchas interacciones con enfermedades, tales como *Phytophthora parasitica* var *nicotianae*, *Pseudomonas solanacearum*. Además se ha reportado que plantas infectadas con este nematodo al cabo de cuatro semanas son más susceptibles a la infección y decaimiento por *Pythium* sp. y *Rhizoctonia* sp., enfermedades propias del cultivo del tomate. *M. incognita*, se le denomina o conoce como nematodo agallador, de los nódulos, “de la papilla”, al producir los típicos abultamientos en las raíces. Penetra desde el suelo a las raíces, las hembras al ser fecundadas, se llena de huevos tomando el aspecto globoso dentro de las raíces. Los huevos eclosionan en el suelo o hibernan hasta que las temperaturas son más cálidas (favorables), pudiéndose completar el ciclo vital en menos de treinta días.

En la planta produce obstrucción de los vasos, e impide la normal absorción por parte de las raíces, lo que induce a un menor crecimiento de la planta y aparecen síntomas de marchitez y clorosis.

***Helicotylenchus* spp.:** es un nematodo ecto y semi-endoparásito en corteza de raíces y tiene altas densidades de poblaciones, causa pequeñas lesiones marrón en las raíces. Las paredes de las células infectadas y aquellas adyacentes están lignificadas, pero esto no ha sido indicación de proliferación nuclear, formación de células gigantes o abultadas. De acuerdo a las referencias, es un nematodo que se reproduce por partenogénesis, no hay indicación de espermios en la espermateca, ésta condición facilita su multiplicación.

***Pratylenchus* spp.:** (Nematodo de la Lesión) es un nematodo con un amplio rango de hospederos, más de 350 hospederos han sido reportados, tales como manzano, cerezo, papa, maíz, remolacha, y muchas otras plantas. Endoparásito migratorio, que al moverse por el interior del tejido radicular provoca heridas, de aquí que se le conoce como nematodo lesionador. Al alimentarse dentro de raíces, libera compuestos polifenólicos que oxidan provocando las lesiones y necrosis de las raíces y toman un aspecto de alambre, que en condiciones de campo puede ser imperceptible. A su vez, disminuye drásticamente la cantidad de raíces secundarias y terciarias. Es bastante destructivo. El parasitismo migratorio de este nematodo abre secundarias invasiones para otros microorganismos del suelo tanto hongos (*Verticillium* spp., *Rhizoctonia* spp.) como bacterias, provocando por si solo o con la posterior colonización de enfermedades, plantas con escaso crecimiento.

Altas poblaciones de este nematodo, puede causar la presencia de sectores dentro del cultivo plantas con crecimiento pobre, menos vigorosas, amarillentas, e incluso enanas. Este nematodo, es fácilmente diseminado por movimiento de suelo, en zapatos de trabajadores, maquinaria o por el agua del riego. Generalmente sobrevive la estación sin hospedero, como estadíos juveniles dentro de las raíces o en el suelo. El ciclo de vida se completa normalmente en tres o cuatro semanas, dependiendo de la temperatura del suelo, por lo que puede producir varias generaciones por temporada.

***Paratylenchus* spp.:** es un nematodo común en suelos sin intervenir y cultivados, especialmente alrededor de raíces de plantas leñosas y arbustivas, ectoparásito, pero a veces puede ser sedentario por periodos de tiempo. Prefiere partes maduras de las raíces sobre células epidermales y corticales externas, también sobre áreas heridas y sitios de emergencia de raíces laterales. Tiene un amplio rango de hospederos. El ciclo de vida se completa en aproximadamente treinta días.

***Hemicycliophora* spp.:** es un nematodo común en suelos arenosos, ectoparásito y usualmente se localiza cerca del ápice de las raíces, dentro de los hospederos descritos están las curcubitáceas, leguminosas, rutáceas, umbelíferas y solanáceas, dentro de estas últimas se clasifica el tomate. En ocasiones aparece como intolerante a la baja aireación asociado principalmente a suelo húmedos. En otros casos, ellos se encuentran en suelos muy mojados, con condiciones de anaerobiosis, en sectores de bordes de ríos.

***Trichodorus* spp.:** (Nematodo de la atrofia radicular), tiene un rango amplio de hospederos en las regiones templadas y puede ser transmisor de virus en varias especies de plantas. Provoca enanismo. La alimentación del nematodo se realiza en la región meristemática de la punta de la raíz, la cual detiene su desarrollo, provocando presencia de numerosas raíces atrofiadas (raíz atocnada). Las raíces presentan cambio de color o síntomas adicionales y poca o ninguna necrosis.

Complementando a esta breve reseña de los géneros de nematodos fitoparásitos determinados en suelos de diferentes productores de tomate, se debe destacar que las plantas muestran síntomas de reducción de la función radicular en diferentes rangos, debido a que cuando el sistema radicular ha sido afectado por nematodos, su capacidad para absorber agua y nutrientes disminuye. Las plantas tienden a marchitarse con gran facilidad, aunque hayan sido regadas adecuadamente. Pueden presentar deficiencias de nutrientes a pesar de una fertilidad de suelo dentro de los rangos normales. Algunas veces las plantas pierden sus hojas más viejas. Dentro de un mismo potrero, las poblaciones de nematodos en número y géneros pueden variar de un sector a otro, de modo que el daño a las plantas puede ser bien localizado. Por lo cual, si algunos síntomas en la parte aérea le hacen pensar que las

plantas están sufriendo alguna lesión por nematodos fitoparásitos, el siguiente paso deberá ser verificar si existen raíces dañadas, crecimiento de la raíz disminuido en relación con plantas sin sintomatología externa visible, si presentan abultamientos, existen zonas muertas de la raíz, y por supuesto optar por la realización de análisis nematológicos de plantas y suelo. Recordar que los nematodos pueden esparcirse de un área a otra en raíces de plantas infectadas, en el suelo o en herramientas o maquinarias o implementos agrícolas, por lo cual se deben tomar medidas para evitar la contaminación. Al transplantar con un cubo de sustrato, asegúrese que las plántulas y el suelo que está introduciendo estén libres de nematodos.

Control de nematodos en los sitios de validación

Los resultados obtenidos en desinfección de suelo en los Sitios de Validación (Capítulo 7), se han expresado en el porcentaje de control obtenido por los diferentes tratamientos sobre los distintos géneros de nematodos inicialmente presentes. Durante el primer año (**Cuadro 1**), en el Sitio de Validación 1 (de propiedad del Sr. César Cáceres) la disminución obtenida por el tratamiento 1 (biofumigación), fue 94,9% para *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Paratylenchus* spp., no así en *Helicotylenchus* spp., que existió un alza notable en el número de ejemplares. El tratamiento 2 (vaporización), controló *Helicotylenchus* spp. y no controló *Pratylenchus* spp. Incluso, el tratamiento 3 (bromuro de metilo), no fue eficaz para todos los tipos de nematodos presentes en esta unidad de validación. Por los resultados obtenidos en el tratamiento testigo (sin aplicación), se puede inferir que existe una disminución natural de la población de *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp.

En el Sitio de Validación 2 (de propiedad del Sr. José Moya) al analizar el tratamiento testigo (sin aplicación), se ratifica la disminución natural de la población, asociado seguramente al tipo de suelo y la época en que fueron tomadas las muestras. Con respecto a los resultados obtenidos en el Sitio 3 (de propiedad del Sr. Gustavo Miranda), que se analizó el sustrato utilizado por el agricultor para la producción de plántulas (almácigo) en bandejas, previo a someterlo a vaporización, post vaporización y posterior a la aplicación de bromuro de metilo por

Cuadro 1. Porcentaje de control de nematodos en los tratamientos de desinfección de suelo. Sitios 1, 2, 4 y 5. Región del Maule. 2004.

Tratamientos	<i>Meloidogyne</i> spp.	<i>Helicotylenchus</i> spp.	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Paratylenchus</i> spp.	<i>Hemicyclophora</i> spp.	<i>Xiphinema</i> spp.
Sitio 1 (Colín)						
Biofumigación	94,9	0	100	100	s/i	s/i
Vaporización	s/i	54,4	0	s/i	s/i	s/i
Bromuro de metilo	100	24,7	57,5	0	100	s/i
Testigo (sin aplicación)	60,8	100	s/i	0	s/i	s/i
Sitio 2 (Colín)						
Metam-sodio	61,1	s/i	100	s/i	100	s/i
Trichonativa	100	100	100	100	100	100
Bromuro de metilo	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Testigo (sin aplicación)	100	100	66,7	s/i	s/i	100
Sitio 4 (Unihue)						
Metam-sodio	33,3	100	0	100	s/i	s/i
Basamid	s/i	100	100	s/i	s/i	s/i
Bromuro de metilo	100	100	100	100	100	s/i
Testigo (sin aplicación)	0	23,5	0	0	s/i	s/i
Sitio 5 (Colín)						
Biofumigación	90,9	86,7	0	100	100	s/i
Vaporización	100	100	100	s/i	s/i	s/i
Bromuro de metilo	100	100	100	s/i	s/i	s/i
Testigo (sin aplicación)	96,3	84	0	11,1	s/i	s/i

parte del mismo agricultor. En el sustrato pre aplicación sólo se detectó presencia de nematodos saprófitos, post vaporización se mantuvo la presencia de algunos nematodos saprófitos, no así en el sustrato sometido a bromuro de metilo por parte del agricultor, que se detectó 1 ejemplar de *Meloidogyne* spp. y 1 ejemplar de *Pratylenchus* spp., por cada 50 gramos de sustrato (promedio de tres repeticiones). La presencia de estos nematodos fitopatógenos, se puede "deber" a una contaminación con los implementos utilizados para remover y ventilar el sustrato post aplicación.

En Sitio de Validación 4 (de propiedad del Sr. Luis Cañete) la disminución obtenida por el tratamiento 2 (Dazomet) fue 100% para *Helicotylenchus* spp., y *Pratylenchus* spp. En el tratamiento 1 (Metamsodio), se produjo una disminución de la carga inicial de *Meloidogyne* spp. y 100% de control de *Helicotylenchus* spp. y *Paratylenchus* spp., comparable con el control obtenido con el tratamiento 3 (bromuro de metilo). Por los resultados obtenidos en el tratamiento testigo (sin aplicación), se puede inferir que existe una disminución natural de la población de *Helicotylenchus* spp.

En el Sitio de Validación 5 (de propiedad del Sr. Pablo Araya) la disminución obtenida por el tratamiento 2 (vaporización) y el tratamiento 3 (bromuro de metilo), fue 100% para *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., y *Pratylenchus* spp. En el tratamiento 1 (biofumigación), se produjo una disminución de la carga inicial de *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp., y no así en *Pratylenchus* spp., que existió un alza en el número de ejemplares sp. A su vez, controló 100% *Paratylenchus* spp. y *Hemicyclophora* spp. Por los resultados obtenidos en el tratamiento testigo (sin aplicación), se puede inferir que existe una disminución natural de la población de *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp. y *Paratylenchus* spp.

Durante la segunda temporada que se implementaron técnicas de desinfección de suelos, los resultados obtenidos mostraron que pretratamiento el 47,76% de las muestras presentaron sólo nematodos saprófitos, 28,36% de las muestras analizadas que no presentó ningún tipo de nematodo, ni saprófito ni fitopatógeno. Esto implica que sólo en el 28,36% de las muestras de suelo, se detectó nematodos fitopatógenos.

En el Sitio 1, el nematodo de mayor presencia correspondió a *Hemicyclophora* spp., y no se presentó *Paratylenchus* spp. Por su parte en el Sitio 2, sólo se presentó *Pratylenchus* spp. Con respecto al Sitio 4, el nematodo de mayor incidencia fue *Helicotylenchus* spp., y no presentó *Meloidogyne* spp.; *Paratylenchus* spp. y *Hemicyclophora* spp. En el Sitio 5, el nematodo que se presentó con la mayor frecuencia en las muestras de suelo, correspondió a *Meloidogyne* spp.

En las muestras de suelo extraídas post tratamiento, se obtuvo que el 34,33% de ellas sólo presentó nematodos saprófitos y 40,30% no registró nematodos, lo que significa que el porcentaje de muestras con nematodos fitopatógenos fue de 25,37%. De acuerdo a las determinaciones, se encontró, *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp. y *Hemicycliophora* spp., manteniéndose la condición sin presencia de *Paratylenchus* sp y *Hemicycliophora* sp, En el Sitio 1 el nematodo de mayor presencia correspondió a *Meloidogyne* spp., por su parte en el Sitio 2, no presentó ningún tipo de nematodos. Con respecto al Sitio 4, el único tipo de nematodo que se obtuvo fue *Meloidogyne* spp. En el Sitio 5, el nematodo que se presentó con la mayor incidencia en las muestras de suelo, correspondió a *Pratylenchus* spp.

El porcentaje de control obtenido por los diferentes tratamientos de desinfección de suelos, en cuatro de los Sitios de Validación, se muestra en el **Cuadro 2**.

En Sitio de Validación 1, la disminución obtenida por el tratamiento 1 (biofumigación), fue 100% para *Hemicycliophora* spp., 33% para *Pratylenchus* spp. no así en *Meloidogyne* spp., que existió un alza en el número de ejemplares El tratamiento 3 (bromuro de metilo), no fue eficiente para *Meloidogyne* spp. Por los resultados obtenidos en el tratamiento testigo (sin aplicación), se puede inferir que existe una disminución natural de la población de *Hemicycliophora* spp. y *Pratylenchus* spp.

En el Sitio 2, la disminución obtenida por el tratamiento 2 (Metam-sodio II), fue 100% para *Pratylenchus* sp. no así en tratamiento 1 (Metam-sodio I), donde se produjo un alza en el numero de ejemplares de *Meloidogyne* spp., *Heliocotylenchus* spp. y *Pratylenchus* spp. El tratamiento 3 (bromuro de metilo), no fue eficiente para *Pratylenchus* spp..

Con respecto a los resultados obtenidos en el Sitio 3, que se analizó el sustrato utilizado por el agricultor para la producción de plántulas (almácigo) en bandejas, previo a someterlo a vaporización, post vaporización y posterior a la aplicación de bromuro de metilo por parte del mismo agricultor. En el sustrato pre aplicación sólo se detectó presencia de nematodos saprófitos, post vaporización se mantuvo la presen-

Cuadro 2. Porcentaje de control de nematodos en los tratamientos al suelo. Sitio 1, 2, 4 y 5. Región del Maule. 2005.

Tratamientos	<i>Meloidogyne</i> spp.	<i>Helicotylenchus</i> spp.	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Paratylenchus</i> spp.	<i>Hemicycliophora</i> spp.
Sitio 1 (Colín)					
Biofumigación	0	s/i	33	s/i	100
Metam-sodio	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Bromuro de metilo	0	s/i	s/i	s/i	s/i
Testigo (sin aplicación)	0	0	100	s/i	100
Sitio 2 (Colín)					
Metam-sodio (I)	0	0	0	s/i	s/i
Metam-sodio (II)	s/i	s/i	100	s/i	s/i
Bromuro de metilo	s/i	0	s/i	s/i	s/i
Testigo (sin aplicación)	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Sitio 4 (Unihue)					
Metam-sodio (I)	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Metam-sodio (II)	0	s/i	100	s/i	s/i
Bromuro de metilo	0	s/i	s/i	s/i	s/i
Testigo (sin aplicación)	0	100	100	s/i	s/i
Sitio 5 (Colín)					
Biofumigación	100	100	100	100	s/i
Metam-sodio	s/i	s/i	0	s/i	s/i
Bromuro de metilo	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Testigo (sin aplicación)	88,9	s/i	100	100	100

(II) En post plantación consideró aplicación de TRICHONATIVA®

cia de algunos nematodos saprófitos, no así en el sustrato sometido a bromuro de metilo por parte del agricultor, que se detectó *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp.; por segunda temporada consecutiva, se asume esta alza a una contaminación con los implementos utilizados para remover y ventilar el sustrato post aplicación

En Sitio de Validación 4, la disminución obtenida por el tratamiento 2 (Metam-sodio II) fue 100% para *Pratylenchus* spp., así como se produjo

un aumento de los ejemplares de *Meloidogyne* spp., pero inferior a lo que sucedió en el tratamiento 3 (Bromuro de metilo). En el tratamiento testigo (sin aplicación), se produjo disminución de ejemplares de *Helicotylenchus* spp., y *Paratylenchus* spp. y aumento de *Meloidogyne* spp.

En Sitio de Validación 5, la disminución obtenida por el tratamiento 1 (biofumigación) fue 100% para *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp. y *Paratylenchus* spp. En el tratamiento 2 (Metam-sodio), se produjo un alza en el número de ejemplares de *Pratylenchus* spp. En el tratamiento testigo (sin aplicación), se produjo disminución de ejemplares de nematodos y sólo aumentó. *Meloidogyne* spp.

HONGOS EN SUELOS

DEDICADOS AL MONOCULTIVO DE TOMATE

Andrea Torres P.¹ y Rossana Rodríguez B.²

Aspectos generales

Durante el transcurso del Proyecto se efectuó un diagnóstico de los hongos presentes en suelo proveniente de treinta agricultores que tradicionalmente se dedican al monocultivo de tomate bajo invernadero de los sectores de Colín, Unihue, Provincia de Talca, Región del Maule. Si bien algunos de los hongos determinados su principal daño es a nivel aéreo (hojas, tallos, flores, frutos, etc), son detectados en el suelo, porque estos hongos producen estructuras de resistencia y/o se mantienen de una temporada a otra, a través de residuos vegetales infectados en el sustrato.

Resultado del diagnóstico fitopatológico

El hongo con mayor presencia en cantidad y frecuencia en estos suelos correspondió a *Alternaria* sp. (en 100 % de los suelos), seguido por *Botrytis* sp. (86,67%), *Phytophthora* sp. (73,33%) y *Fusarium* sp. (76,67%). Adicionalmente, se detectó *Cladosporium* sp., en 46% de los predios, *Trichoderma* sp., en el 40%, *Penicillium* sp., en un 30%. y *Pyrenochaeta* sp., en un 10% de los suelos analizados.

Principales características de los hongos detectados

***Botrytis* sp.** Hongo que provoca la podredumbre gris, parásito de amplio número de especies vegetales, afectando a todos los cultivos hortícolas, y puede comportarse como parásito y saprófito. En plántulas

¹ Ingeniero Agrónomo, Investigadora, INIA Raihuén.

² Ayudante de Laboratorio, INIA Raihuén.

produce Damping-off, provocando en almácigos daños graves. Penetra a través de heridas producto de cicatrices florales, picaduras de insectos, de pájaros, mordeduras de caracol, etc. En hojas y flores se producen lesiones pardo grisáceas, provocando necrosis y atizamiento de brotes, flores y cuaja deficiente. En frutos se produce una pudrición blanda y acuosa, que comienza normalmente por el extremo calicinal, en los que se observa abundante micelio gris del hongo en los frutos podridos. Las principales fuentes de inóculo las constituyen las conidias en restos vegetales que son dispersados por el viento, salpicaduras de lluvia, gotas de condensación en plástico y agua de riego. Sobrevive como esclerocio y micelio en restos vegetales infectados de tomate, como en otras especies y malezas, en ocasiones en restos de tejido adheridos a la semilla. Normalmente, se disemina de un lugar a otro por semillas contaminadas y herramientas. La temperatura (15 – 25°C), humedad relativa (95%) y fenología influyen en la enfermedad de forma separada o conjunta. Adicionalmente, luz abundante y excesos de nitrógeno en las plantas, permiten un desarrollo rápido de la enfermedad, inicialmente en órganos senescentes o muertos (partes de hojas o flores desecadas, cicatrices florales) (**Foto 2**).



Foto 2.
Sintomatología
provocada por
Botrytis cinerea en
hojas, tallos y
frutos de tomate.

***Alternaria* spp.** Esta enfermedad conocida como cancro del tallo, tizón temprano o alternariosis, se ve favorecida en zonas donde hay periodos alternados de lluvia y calor. Afecta principalmente a solanáceas, y especialmente a tomate y papas. En plántulas produce un cancro negro en el tallo a nivel del suelo. En pleno cultivo las lesiones aparecen tanto en hojas como tallos, frutos y pecíolos. En hoja se producen manchas irregulares pequeñas circulares o angulares, con marcados anillos concéntricos. Las lesiones al existir en mayor número, se pueden unir, tornándose las hojas amarillas, las que posteriormente se secan y caen. En ataques severos puede provocar la defoliación de la planta. En tallo y pecíolo se producen lesiones negras alargadas, en las que se puede observar a veces anillos concéntricos. Los frutos son atacados a partir de las cicatrices del cáliz, provocando lesiones pardo – oscuras ligeramente deprimidas, las que pueden extenderse y cubrir el fruto completamente y recubrirlas de numerosas esporas. Fuentes de dispersión lo constituyen solanáceas silvestres (ej. capulí y chamico) y cultivadas, semillas infectadas, restos de plantas enfermas y frutos afectados. Las conidias pueden ser dispersadas por salpicaduras de agua, lluvia, o el viento. Heridas o lesiones ocasionadas por implementos, herramientas o insectos favorecen la penetración del hongo. La esporulación está favorecida por noches húmedas seguidas de días soleados y con temperaturas elevadas (**Foto 3**).



Foto 3. Sintomatología provocada por *Alternaria* sp. en hojas de tomate.

***Phytophthora* spp.** Pudrición o Cancro del Cuello o Mildiu Terrestre, producida por *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*, este hongo puede afectar muchas hortalizas, cítricos, especies tropicales y ornamentales. Esta enfermedad se encuentra muy difundida, especialmente en regiones o ambientes húmedos y suelos pesados, húmedos y fríos con abundante materia orgánica. El hongo permanece en el suelo por un largo tiempo en forma de clamidosporas o estructuras de resistencia, además, se favorece por el alto número de hospederos. La diseminación es por zoosporas, que se ven favorecidas bajo condiciones de exceso de agua en el suelo, otra forma es el sustrato y las salpicaduras de agua, siendo muy importante la infestación por aguas de riego contaminadas. Nematodos y lombrices lo trasladan en el suelo y permiten colonizar nuevas áreas o re infectar suelos que con anterioridad fueron desinfectados (**Foto 4**). Produce graves daños en plántulas en almácigos y hasta quince días post plantación. En etapas avanzadas del cultivo, los frutos que quedan sobre o cercanos al suelo pueden ser afectados.



Foto 4. Sintomatología provocada por *Phytophthora* sp, en plantas de tomate.

***Fusarium* sp.** Fusariosis o Marchitez. Esta enfermedad es causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, el cual es específico para tomate cultivado o algunas especies de tomate silvestre. Su sobrevivencia en el suelo es casi indefinida, a través clamidosporas. A su vez la diseminación se realiza mediante semillas contaminadas externamente, plántulas infectadas, restos vegetales, suelo a través de labores culturales, o herramientas infectadas. Los primeros síntomas visibles, son caída de pecíolos en hojas superiores. Las hojas inferiores sufren amarillamiento, el que avanza hacia el ápice, terminado por secarse. A nivel radicular produce necrosis y podredumbre y desde allí compromete los vasos conductores (xilema). Si se efectúa un corte transversal o longitudinal en el tallo, se observa oscurecimiento de los vasos visualizándose amarillamiento, marchitez parcial o total de la planta. Puede producir daños muy graves, especialmente en invernaderos de zonas templadas y zonas cálidas. Las temperaturas altas lo favorecen, la penetración del hongo, facilitado por heridas en las raíces (**Foto 5**).



Foto 5. Sintomatología provocada por *Fusarium* sp., en plantas de tomate.

Cladosporium fulvum., hongo causante de la enfermedad conocida como Fulvia o cladosporiosis, hongo bastante específico, ya que afecta exclusivamente tomate. Los primeros síntomas aparecen como manchas circulares a angulares blancas, luego amarillas en la cara superior de las hojas más viejas de la planta (**Foto 6**). Coincidiendo con el desarrollo de masas de conidias del hongo, color verde oliva, en la cara inferior de las mismas hojas. Si bien puede desarrollarse al aire libre, fundamentalmente se presenta en cultivo de tomate bajo invernadero. El hongo es capaz de sobrevivir hasta un año en residuos vegetales secos sobre el suelo, en las estructuras del invernadero, principalmente a través de conidias. Se disemina por viento y la lluvia, además de las herramientas, la ropa de trabajadores, siendo crítico esto último en las labores de poda, e incluso se puede propagar a través de insectos.

De acuerdo a antecedentes recabados en invernaderos históricamente dedicados a tomates del sector de Colón, durante la temporada 2003/2004, el ataque severo de esta enfermedad significó una reducción en el rendimiento del orden de 43 toneladas/ha.

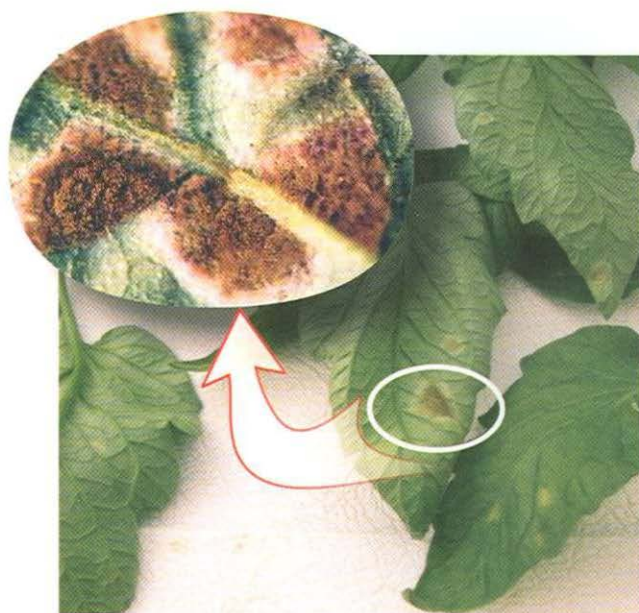


Foto 6. Sintomatología producida por *Cladosporium fulvum*, en hojas de tomate.

***Trichoderma* spp.** Este género está compuesto por hongos que se encuentran presentes en forma natural, en casi todos los suelos y hábitat, es dominante en los suelos, debido a su naturaleza agresiva y capacidad de competir con otros microorganismos presentes en el suelo, ya que dentro de sus características se encuentra que se desarrolla rápidamente y emite gran cantidad de esporas. Este hongo parasita en forma directa a otros hongos, además secreta enzimas que ayudan a disolver la pared celular de las hifas del huésped, facilitando la inserción de estructuras y el micelio, absorbiendo los nutrientes del hongo huésped.

Adicionalmente, produce antibióticos que le permiten inhibir el desarrollo de otros hongos o bacterias que compiten por espacio y nutrientes. Sin embargo, para lograr una competencia efectiva, es necesario que *Trichoderma* spp. colonice el sustrato primero, o al mismo tiempo que el patógeno.

Este hongo tiene también una serie de efectos secundarios en el suelo. Emite vitaminas que absorbe la raíz, con lo cual la planta crece más rápido y emite adicionalmente gran cantidad de enzimas, que hace que la raíz se alimente mejor. *Trichoderma* spp, se alimenta de nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos, en caso de que no tenga ningún hongo para alimentarse. También mejora la estructura del suelo. Cabe destacar que este hongo no es sistémico, es decir no entra en ningún momento dentro de la planta, frecuentemente se observa sobre tejido vegetal en descomposición.

***Rhizoctonia* spp.** Uno de los hongos causante del Damping off o Caída de Almácigo, que es provocada por un complejo fúngico, donde destacan los hongos del género *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Phytium*, estos hongos son de amplia distribución en nuestros suelos y atacan un gran número de hortalizas, frutales, praderas y forestales. Tal como lo indica su nombre, se produce una caída de las plantas pre emergencia, pudrición de la semilla al germinar o las plántulas previo a la emergencia sobre el suelo. La caída puede ser post emergencia, aquí los hongos afectan los tejidos del cuello y de las raíces, causando un estrangulamiento en el tallo a nivel del suelo y la posterior caída de las plántulas y su muerte. Los hongos que constituyen este complejo, se diseminan principalmente por el agua de riego y las labores culturales (**Foto 7**).



Foto 7. Fruto de tomate afectado con *Rhizoctonia solani*.

***Verticillium* sp.** Causa Verticilosis, ocasionada por *Verticillium albo-atrum* y *Verticillium dahliae*, en éste último se conocen dos razas, raza 1 de amplia distribución en el mundo y la raza 2, descrita para Estados Unidos y de reciente identificación en Chile. El modo de sobrevivencia en el suelo es a través de microesclerocios, y una fuente de inóculo son restos de plantas infectadas, plantas hospederas, ya sea cultivadas o malezas. Su diseminación ocurre por el viento, el agua de riego, movimiento de suelo infestado en herramientas de trabajo o maquinaria agrícola y por la llegada de material enfermo al terreno de cultivo. La severidad del ataque está directamente relacionada a la concentración de inóculo en el suelo y se requiere varios cultivos susceptibles para incrementar suficientemente el inóculo del suelo, asunto que es factible por el gran número de hospederos susceptibles, y en el caso de Colón, por el monocultivo de tomate. La penetración del hongo se realiza en el suelo, favorecida por heridas en las raíces. En ataques severos provoca disminución importante de rendimientos y del tamaño de los frutos (**Foto 8**).

Ante buenas condiciones de humedad y nutrición, los primeros síntomas son parches amarillos en las hojas inferiores, venas color marrón y por ultimo manchas secas color marrón, las hojas pueden marchitarse y desprenderse. La enfermedad progresa hacia los tallos, con lo que sólo las hojas superiores permanecen verdes. Los frutos permanecen pequeños, desarrollan hombros amarillos y pueden sufrir golpe de sol, por la falta de follaje. Al penetrar por las raíces, crece rápidamente hacia el xilema, interviniendo con la distribución del agua y nutrientes en la planta, produce una toxina que contribuye a la marchitez y manchado de las hojas. A través de un corte vertical en el tallo principal a ras de suelo se puede observar color marrón en los tejidos conductores bajo la corteza. Esta decoloración puede observarse hacia arriba y hacia las raíces, pero más allá de 25 – 30 cm. sobre el suelo.



Foto 8. Sintomatología provocada por *Verticillium* sp. en plantas de tomate.

***Pyrenochaeta* spp.** Pudrición Parda de la Raíz, Raíz Corchosa, es causada por *Pyrenochaeta lycopersici*, presente también en otras hortalizas. Sobrevive en el suelo en forma de microesclerocios y en raíces del tomate o de otros hospederos. Su forma de diseminación, es por almácigos infectados, labores de manejo y por el agua de riego. Los síntomas característicos son raíces poco abundantes, especialmente raicillas. Manchas grandes acorchadas, marrón a negro en raíces principales. En hojas se visualiza marchitez desde el ápice hacia hasta las situadas en la base, que inicialmente se recuperan durante la noche. Luego se produce la marchitez permanente y por tanto la muerte de plantas. Los daños están relacionados directamente con el nivel de inóculo en el suelo, donde habita hasta profundidades medias a altas. El uso intensivo del suelo en invernadero, permite que se convierta en ocasiones un problema grave.

Recomendaciones generales

Si bien existen diferentes alternativas de control químico para algunas de las enfermedades antes expuestas, se debe considerar las estrategias de prevención, como son:

- Desinfección de almacigueras y mesas o platabandas de plantación.
- Fechas de siembra y trasplante, favorables para el desarrollo del tomate y menos favorable para el desarrollo de enfermedades.
- Selección de semillas, si bien la elección de la variedad va ligada a un asunto comercial, se debe optar por aquellas variedades menos susceptibles o más tolerantes a las enfermedades.
- Densidad de siembra, afecta directamente el microclima cercano al del suelo, al favorecer una buena o mala aireación, manteniendo o no una adecuada humedad relativa entre plántulas y/o plantas. Además, en altas densidades se favorece el contacto entre plantas, que puede provocar facilidad en la diseminación de la enfermedad entre estas.

- Rotación de cultivo, la siembra o plantación de un mismo cultivo favorece la permanencia de una enfermedad, por lo que es conveniente realizar una secuencia con diferentes especies, para romper o alterar los ciclos de las enfermedades.
- Evitar cultivos intercalados, durante la permanencia en el sector de Colón – Unihue, se observó la práctica de algunos productores de tomate, que en las mesas de plantación para obtener mayor rentabilidad por unidad de superficie, colocaban en forma central las plantas de tomate y en forma paralela, dos hileras de plantas de lechuga. Esta práctica no es recomendable porque se incrementa principalmente el inóculo de *Botrytis cinerea*, lo que puede significar un aumento de aplicaciones de agroquímicos durante la temporada, enfocados al control de esta enfermedad, entre otras que son común entre ambos cultivos.
- Eliminación de residuos de cosecha de las cercanías del lugar de siembra y/o plantación.
- Aplicación de nutrientes en forma balanceada, evitando excesos o déficit de vigor en plántulas y plantas.
- Poda sanitaria para eliminar plantas, hojas y frutos dañados, eliminándolos del área de cultivo.
- Evitar el uso de herramientas o implementos que hallan sido utilizados en terrenos contaminados, sin haber sido previamente desinfectados.
- Manejo adecuado del riego.

Control de hongos en los sitios de validación

El porcentaje de control por desinfección de suelos en los Sitios de Validación (Capítulo 7), obtenido durante la primera temporada, para los hongos determinados previamente en las muestras de suelo, se detalla en el **Cuadro 3**.

CUADRO 3. Porcentaje de control de cinco hongos en los diferentes tratamientos. Región del Maule. 2004.

	Biofumi- gación	Vapori- zación	Basamid	Tricho- nativa	Metam- sodio	Bromuro de metilo	Testigo
<i>Botrytis</i> sp.							
Sitio 1	83,1	83,9	NC	NC	NC	97,6	0
Sitio 2	NC	NC	NC	96,6	97,7	96,9	0
Sitio 4	NC	NC	99,8	NC	99,1	93,6	0
Sitio 5	85,5	99,9	NC	NC	NC	87	0
<i>Alternaria</i> sp.							
Sitio 1	0	0	NC	NC	NC	85,3	0
Sitio 2	NC	NC	NC	97,4	79	0	0
Sitio 4	NC	NC	100	NC	99,9	99,9	0
Sitio 5	0	79,5	NC	NC	NC	9,8	0
<i>Phytophthora</i> sp.							
Sitio 1	64,5	76,6	NC	NC	NC	98,9	0
Sitio 2	NC	NC	NC	46,7	97	94	0
Sitio 4	NC	NC	98,8	NC	87,5	86,7	0
Sitio 5	98,7	88,9	NC	NC	NC	98,7	0
<i>Fusarium</i> sp.							
Sitio 1	62,3	76,7	NC	NC	NC	98,9	0
Sitio 2	NC	NC	NC	99,8	99,4	99,9	0
Sitio 4	NC	NC	96,4	NC	100	98,1	0
Sitio 5	45	67,6	NC	NC	NC	100	0
<i>Cladosporium</i> sp.							
Sitio 1	89,8	7,6	NC	NC	NC	98,7	0
Sitio 2	NC	NC	NC	69,2	97,9	99,5	0
Sitio 4	NC	NC	98,9	NC	49,5	98,5	0
Sitio 5	79,2	45	NC	NC	NC	98	0

NC= No Corresponde

En cuanto a *Botrytis* sp., en el Sitio de Validación 1 (propiedad del Sr. César Cáceres), se obtuvo un control del 83,9 y 83,1 % en el tratamiento 2 (vaporización) y tratamiento 1 (biofumigación), respectivamente, en comparación con el tratamiento 3 (bromuro de metilo), quien alcanzó un control del 97,6%. En el control de *Alternaria* sp. ambos

tratamientos no tuvieron efecto. Con respecto a *Phytophthora* sp., el control fue 76,6% y 64,5%, respectivamente. El control de *Fusarium* sp., obtuvo valores similares, del orden del 76,7 y 62,3%. Cabe destacar, que ambos tratamientos favorecieron la aparición de *Trichoderma* sp., *Cladosporium* sp., fue controlado en un 89,8% por la biofumigación (tratamiento 1), no así por la vaporización (tratamiento 2), donde se alcanzó un efecto sólo del 7,6% de control.

En Sitio de Validación 2 (propiedad del Sr. José Moya), en cuanto a *Botrytis* sp. se obtuvo un control del 96,6 y 97,7 % en el tratamiento 2 (Trichonativa) y tratamiento 1 (Metam-sodio), respectivamente, en comparación con el tratamiento 3 (bromuro de metilo), quien alcanzó un control del 96,9%. En el control de *Alternaria* sp., ambos tratamientos tuvieron mejor efecto, que la aplicación de bromuro de metilo, con porcentajes de control de 97,4 y 79%, respectivamente. En relación a *Phytophthora* sp., el control ejercido por el tratamiento 1 (Metam-sodio) fue el mejor en comparación a cualquiera de los tratamientos. El control de *Fusarium* sp., fue bueno, si lo analizamos desde el punto que la carga inicial era baja. Ambos tratamientos tuvieron efecto sobre *Trichoderma* sp., para el caso específico del tratamiento 2, que el producto es una mezcla de cepas de *Trichoderma* spp., se asume que se produjo una disminución por un asunto de competencia. En el caso de *Cladosporium* sp., fue controlado en un 97,9% por el Metam-sodio (tratamiento 1), no así por el tratamiento 2 (Trichonativa), que alcanzó su control al 69,2%.

En Sitio de Validación 3 (propiedad del Sr. Gustavo Miranda), las muestras del sustrato tanto pre tratamiento como post tratamiento, no se detectó presencia de agentes fitopatógenos, sólo se encontró hongos saprófitos.

En Sitio de Validación 4 (propiedad del Sr. Luis Cañete), lo referente a *Pyrenochaeta* sp. y *Verticillium* sp., aparecieron en pocas muestras pre tratamiento. En cuanto a *Botrytis* sp., se obtuvo un control del 99,8 y 99,1 % en el tratamiento 2 (Dazomet) y tratamiento 1 (Metam-sodio), respectivamente, en comparación con el tratamiento 3 (bromuro de metilo), quien alcanzó un control del 93,6%. En el control de *Alternaria* sp., ambos tratamientos tuvieron un 100%, al igual que la aplicación

de bromuro de metilo. En relación a *Phytophthora* sp., el control ejercido por el tratamiento 1 (Metam-sodio) fue superior al del tratamiento 3 (bromuro de metilo) e inferior al tratamiento 2 (Dazomet), que ejerció un control del 98,8%. El control de *Fusarium* sp., fue bueno, si lo analizamos desde el punto que la carga inicial era baja, en dos de los tratamientos. Ambos tratamientos tuvieron efecto sobre *Trichoderma* sp., con un comportamiento igual al tratamiento 3 (bromuro de metilo). *Cladosporium* sp., fue controlado en un 49,5% por el Metam-sodio (tratamiento 1), obteniéndose con el tratamiento 2 (Dazomet) un porcentaje similar al del bromuro de metilo.

En el Sitio de Validación 5 (propiedad del Sr. Pablo Araya), en cuanto a *Botrytis* sp., se obtuvo un control del 99,9% y 85,5 % en el tratamiento 2 (vaporización) y tratamiento 1 (biofumigación), respectivamente, en comparación con el tratamiento 3 (bromuro de metilo), quien alcanzó un control del 87%. En el control de *Alternaria* sp., el tratamiento 1 (biofumigación) no tuvo efecto, el caso del tratamiento 2 (vaporización) se visualiza con un muy buen efecto, pero la carga inicial de inóculo en las parcelas donde se ubicó, fue baja con respecto a los otros tratamientos. Con respecto a *Phytophthora* sp., el control fue 98,7% y 88,9%, para el tratamiento 1 y 2, respectivamente, control similar al tratamiento 3 (bromuro de metilo). El control de *Fusarium* sp., obtuvo valores del 45 y 67,6%, donde el bromuro de metilo obtuvo un 100% de eficacia. Ambos tratamientos favorecieron la aparición de *Trichoderma* sp., *Cladosporium* sp., el que fue controlado en un 79,2% por la biofumigación (tratamiento 1), no así por la vaporización (tratamiento 2), donde se alcanzó un efecto sólo del 45% de control.

Los resultados de control de hongos durante la segunda temporada se muestran en el **Cuadro 4**.

En Sitio de Validación 1, en cuanto a *Botrytis* sp., se obtuvo un control del 99,8 y 96,9 % en el tratamiento 1 (biofumigación) y tratamiento 2 (Metam-sodio), respectivamente, en comparación con el tratamiento 3 (bromuro de metilo), quien alcanzó un control del 91,7%. En el control de *Alternaria* sp., el porcentaje de control obtenido fue 94 y 99,6, para el tratamiento 1 y 2, respectivamente. Con respecto a *Phytophthora* sp., el control en ambos fue 100 y 99,6%, respectivamente haciendo

CUADRO 4. Porcentaje de control de hongos en suelo en los diferentes tratamientos. Sitio 1, 2, 4 y 5. Región del Maule. 2005.

	Biofumi- gación	Metam- sodio	Bromuro de metilo	Testigo
<i>Botrytis</i> sp.				
Sitio 1	99,8	96,9	91,7	0
Sitio 2	NC	96,9	0	0
Sitio 4	NC	96	86,6	99,6
Sitio 5	84,5	0	97,1	0
<i>Alternaria</i> sp.				
Sitio 1	94	99,6	8,5	98,7
Sitio 2	NC	59,5	21,8	0
Sitio 4	NC	0	98,5	0
Sitio 5	99,3	0	0	98,7
<i>Phytophthora</i> sp.				
Sitio 1	100	99,6	0	0
Sitio 2	NC	100	99,1	51
Sitio 4	NC	0	6,9	52
Sitio 5	0	100	100	0
<i>Fusarium</i> sp.				
Sitio 1	98,1	100	100	5,4
Sitio 2	NC	100	100	89,8
Sitio 4	NC	99	97	0
Sitio 5	99,8	99,9	100	0
<i>Cladosporium</i> sp.				
Sitio 1	89,2	49,8	50	91,8
Sitio 2	NC	74,9	100	0
Sitio 4	NC	0	99,7	96,2
Sitio 5	81,5	90,6	100	0

NC= No Corresponde

una gran diferencia con el tratamiento a base de bromuro de metilo (tratamiento 3). El control de *Fusarium* sp., obtuvo valores similares, del orden del 98,7 y 100%. Cabe destacar, que ambos tratamientos favorecieron la aparición de *Trichoderma* sp., a diferencia del suelo

tratado con bromuro de metilo. *Cladosporium* sp., fue controlado en un 89,2% por la biofumigación (tratamiento 1), no así por la aplicación de Metam-sodio (tratamiento 2), donde se alcanzó un efecto sólo del 49,8% de control, equivalente a lo obtenido en el tratamiento 3 (Bromuro de Metilo).

En Sitio de Validación 2, en cuanto a *Botrytis* sp. se obtuvo un control del 96,9 con Metam-sodio, en comparación con el tratamiento 3 (bromuro de metilo), en el cual se produjo un aumento de este hongo. En el control de *Alternaria* sp. el tratamiento con Metam-sodio fue el que obtuvo el mejor control, con un 59,5%. El tratamiento con aplicación de bromuro lograron control de 21,8 %. En relación a *Phytophthora* sp., el control ejercido por Metam-sodio fue de 100% y el tratamiento 3 de un 99,1%. El control de *Fusarium* sp., fue bueno, en todos los tratamientos. El tratamiento 3 (Bromuro de Metilo), controló en 100% *Trichoderma* sp., en los tratamientos 1 y 2 se produjo un alza, lo que es bastante positivo, ya que este hongo es un excelente controlador biológico de varios hongos fitopatógenos de suelo. El control ejercido en el tratamiento 4 (testigo), que al no haber estado sometido a ningún tipo de control químico favoreció el desarrollo de cepas de *Trichoderma* u otro hongo controlador biológico y se pudiera explicar que por un asunto de competencia, provocó su disminución. *Cladosporium* sp., fue controlado en un 74,9, en los tratamientos con Metam-sodio. El tratamiento con aplicación de bromuro de metilo (tratamiento 3), controló en 100% este hongo.

En Sitio de Validación 3, las muestras del sustrato pre tratamiento, Se detectó *Botrytis* sp.; *Alternaria* sp.; *Rhizopus* sp.; *Trichoderma* sp.; *Fusarium* sp.; *Cladosporium* sp. En cuanto a *Botrytis* sp., se obtuvo un control del 99 y 90 % en el tratamiento con bromuro de metilo y tratamiento sometido a vaporización, respectivamente. En cuanto a *Alternaria* sp., la aplicación de vapor no controló este hongo. *Rhizopus* sp., fue controlado en 100% por ambos tratamientos. *Trichoderma* sp., se vió menos afectada por la aplicación de vaporización, que de bromuro de metilo. El control de *Fusarium* sp., fue el mismo que el obtenido para *Botrytis* sp. *Cladosporium* sp., fue controlado en un 100% por la vaporización, no así por la aplicación de Bromuro de Metilo, que controló en 80%.

En Sitio de Validación 4, en cuanto a *Botrytis* sp., se obtuvo un control de 96 en los tratamientos con Metam-sodio, respectivamente, en comparación con el tratamiento 3 (bromuro de metilo), quien alcanzó un control del 86,6%. En el control de *Alternaria* sp., sólo uno de los tratamientos con Metam-sodio, no ejercieron control (100%) y la aplicación de bromuro de metilo, fue 98,5%. En relación a *Phytophthora* sp., el control ejercido por el tratamiento 2 (Metam-sodio II) fue 81 %, el tratamiento 3 (bromuro de metilo) sólo lo controló en un 6,9% y en el tratamiento 1, se produjo un incremento de los valores iniciales. El control de *Fusarium* sp., fue bueno, si lo analizamos desde el punto que la carga inicial era baja, en dos de los tratamientos. El tratamiento 2, fue el único que tuvo efecto sobre *Trichoderma* sp., que se asume que se podría atribuir a competencia entre tipos de *Trichoderma* spp. *Cladosporium* sp., fue controlado sólo por el tratamiento 3 (Bromuro de Metilo)

En Sitio de Validación 5, en cuanto a *Botrytis* sp. se obtuvo un control del 84,5 % en el tratamiento 1 (biofumigación), en comparación con el tratamiento 3 (bromuro de metilo), quien alcanzó un control del 97,1%. En el control de *Alternaria* sp. el tratamiento 1 (biofumigación) tuvo un efecto del 99,3%, el caso del tratamiento 2 (Metam-sodio) aumentó la carga inicial de inoculo en las parcelas al igual que aquellas tratadas con bromuro de metilo. Con respecto a *Phytophthora* sp., el control fue 100% para los tratamientos 2 (Metam-sodio) y 3 (Bromuro de Metilo). El control de *Fusarium* sp., obtuvo valores del 100% de eficiencia en todos los tratamientos. Sólo el tratamiento 1 (Biofumigación) favoreció la aparición de *Trichoderma* sp. *Cladosporium* sp., fue controlado en un 81,5% por la biofumigación (tratamiento 1), 90,6 % por Metam-sodio (tratamiento 2) y 100% por el tratamiento 3 (Bromuro de Metilo).

Conclusiones y recomendaciones

Si bien los resultados de desinfección de suelo, el control de nematodos y hongos fue variable entre Sitios y entre temporadas, la **Biofumigación** resulta una buena alternativa de reemplazo al Bromuro de Metilo, si se dispone de residuos agrícolas, como materia prima, para establecer

esta técnica o se desea optar por una agricultura orgánica. A su vez, Metam-sodio, resultó una alternativa química, con eficacia similar al Bromuro de Metilo.

Los substratos para almácigos y/o bolsas (etapa intermedia entre almácigo y plantación), deben ser necesariamente desinfectados, por no existir la seguridad de la carga inicial de hongos y nematodos fitoparásitos, ya que no es un producto estándar el que utiliza principalmente el pequeño y/o mediano agricultor, que garantice la ausencia de nematodos y/o hongos en éste. La alternativa que asegurará un buen control y permite adicionalmente desinfectar herramientas para manipularlo posteriormente y los sacos donde se almacenará el substrato hasta el momento de establecer los almácigos, es la **Vaporización**.

BIOFUMIGACIÓN

Jorge Carrasco J.¹ y Jorge Riquelme S.²

La biofumigación del suelo es una técnica que permite utilizar la materia orgánica (residuos agrícolas y guanos), así como los productos de su descomposición, en el control de los patógenos presentes en el suelo. Se ha encontrado que, por lo general, cualquier materia orgánica puede actuar como biofumigante, dependiendo su eficacia principalmente de la dosis y del método de aplicación. En España existen buenos ejemplos de su aplicación en cultivos de fresón en Andalucía y Valencia, pimiento en Murcia y Castilla-La Mancha, cucurbitáceas en Valencia, Castilla-La Mancha y Madrid, tomate en Valencia y Canarias, *brassicas* en Valencia, platanera en Canarias, cítricos y frutales en Valencia, viñedos en Castilla-La Mancha y flor cortada en Valencia (Bello *et al.* 1997, Bello y Melo 1998, Bello y Miguel 1998a,b, Bello *et al.* 1998, Cebolla *et al.* 1999, García *et al.* 1999, Bello *et al.* 2000).

Esta técnica incluye el uso de material vegetal como las crucíferas, cuya descomposición libera sustancias tóxicas volátiles como el Allil-isometiltiocianato que ejerce acción de control sobre hongos y nematodos. Adicionalmente, la incorporación de materia orgánica mejora la estructura física y propiedades químicas del suelo. Se puede utilizar urea en dosis controladas, o estiércol de pollo o pavo, para balancear la relación carbono/nitrógeno en la descomposición de la materia orgánica, y aprovechar el amonio que libera, tanto la urea como el estiércol en el suelo, como complemento al control de patógenos.

La efectividad de la biofumigación, se mejora con el uso de cubiertas plásticas, o en combinación con la solarización. La solarización es eficaz cuando se combina con biofumigación, durante dos meses, a una temperatura ambiental superior a 40°C (Lacasa *et al.* 1999). Las mayores desventajas de esta alternativa son la oportunidad de disponer de mate-

¹ Ingeniero Agrónomo Dr. Ag. Investigador INIA-Rayentué.

² Ingeniero Agrónomo Dr. Ag. Investigador INIA-Raihuén.

rial vegetal y la heterogeneidad de su eficiencia, en suelos con baja actividad biológica que facilite la descomposición del material.

Es de un costo relativamente bajo y de fácil aplicación, lo que puede ser de gran interés en cultivos de bajo retorno económico, particularmente en producciones hortícola de pequeños agricultores. Además, puede resultar una técnica interesante para aquellos productores que se dedican a la producción orgánica. Es recomendable que el agricultor tenga incorporada la producción de especies crucíferas al aire libre, como repollo y brócoli en su sistema de producción, las cuales le proporcionarán el material vegetal necesario para la realización de la biofumigación en la próxima temporada.

Modo de acción

La biofumigación es una alternativa basada en principios similares a los que ocurren con el bromuro de metilo, con la diferencia de que en este caso los gases liberados provienen de la descomposición de materia orgánica. La alta temperatura que se origina del proceso de descomposición, potencia su efecto sobre los microorganismos del suelo.

Cuando se aplica materia orgánica al suelo, se produce una secuencia de cambios microbiológicos. Al principio, se produce una proliferación de microorganismos que se nutren y obtienen energía de la materia orgánica, iniciando la descomposición de ésta. Durante la descomposición, se estimula el desarrollo de otros organismos, tanto benéficos como perjudiciales (hongos nematófagos, nematodos predadores, lombrices, hongos, protozoos, algas y otros organismos), los cuales originan una gran cantidad de productos químicos que participan en el control de los patógenos del suelo. Amonio, nitratos, ácido sulfhídrico, otras sustancias volátiles y ácidos orgánicos, derivados de la descomposición de la materia orgánica, producen un efecto nematicida directo sobre la incubación de los huevos o sobre la movilidad de los estados juveniles.

La adición de urea, junto con la materia orgánica, además de aumentar los niveles de nitrógeno del sustrato orgánico, incrementa la cantidad de amonio, por lo tanto, existe un efecto nematicida. Sin embargo, se debe tener cuidado en la cantidad de urea que se agregue, puesto que un exceso puede desbalancear la relación nitrógeno/carbono.

La metabolización del nitrógeno, en su transformación a proteínas y otros compuestos, depende del carbono y de los microorganismos. El carbono es el componente principal de la materia orgánica y si se agrega mucho nitrógeno amoniacal, el carbono podría no ser suficiente para la metabolización del nitrógeno. En esas condiciones se acumularía amonio y nitratos en exceso, causando toxicidad a las plantas.

Guano de vacuno, estiércol de pavo, residuos de plantas crucíferas, son algunos tipos de materia orgánica evaluados en la biofumigación, para el control de nematodos del suelo, hongos fitoparásitos y malezas, con buenos resultados, especialmente en el control de nematodos.

Recomendaciones

Para que los tratamientos de biofumigación sean eficaces, se requiere añadir entre 5 a 10 Kg. de residuos orgánicos por cada m² de suelo, condición que limita su uso a la disponibilidad de materia prima suficiente y al costo de transporte.

La cantidad de urea a aplicar depende del material vegetal que se utilice, y puede variar entre 0,5 a 1 Kg. de urea por cada 10 a 20 Kg. de material vegetal fresco trozado, para balancear la relación carbono/nitrógeno en la descomposición de la materia orgánica y aprovechar el amonio que libera este fertilizante en el suelo, como complemento al control de patógenos (Carrasco *et al.*, 2006). La incorporación de materia orgánica en el suelo debe complementarse con un riego inicial para mantener húmedo el material incorporado, y de cubiertas plásticas con el propósito de captar energía solar, mantener la humedad y retener los gases en el interior del suelo durante el proceso. Posteriormente, se debe repetir el riego cada 10 días.

Para evitar problemas de toxicidad que pueden presentarse por el uso de esta técnica, se recomienda usar diferentes especies hortícolas indicadoras, como lechugas, previo al establecimiento del cultivo.

La biofumigación no tiene efectos negativos en el medio ambiente o en la salud de los consumidores. No tiene limitación en su uso en producción integrada.

Pasos a seguir para lograr una adecuada Biofumigación

Para iniciar la biofumigación de los suelos donde serán plantados tomates u otra hortaliza, se debe picar el rastrojo verde de repollo, brócoli o ensilaje de maíz, también se puede agregar cascarilla de arroz. Para picar los residuos se puede utilizar un pequeño motocultor, o una picadora de residuos. (Figura 5).



Figura 5, Picado del residuo.

En forma paralela al picado de residuos vegetales o rastrojos de cultivos, se debe abrir un surco con un arado de vertedera de tracción animal, sobre la hilera de plantación del tomate bajo invernadero o al aire libre. Este surco debe tener una profundidad de 15 a 20 centímetros (Figura 6).

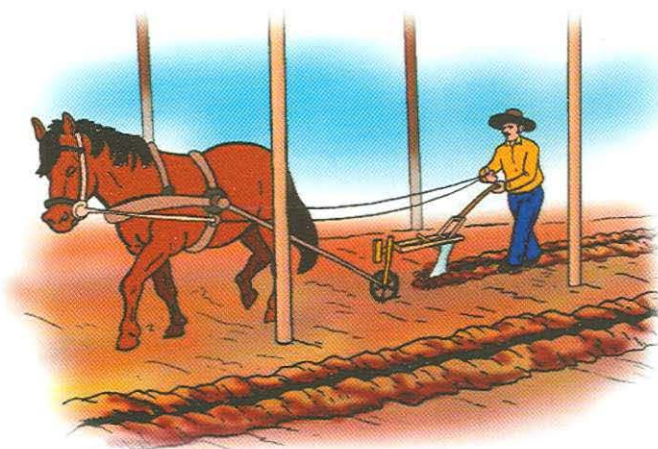


Figura 6. Apertura del surco.

Una vez abierto el surco se aplica en el interior de éste el residuo picado, teniendo la precaución que se distribuya uniformemente, en dosis de 20 a 40 kilos de material verde por cada 10 metros a lo largo del surco (**Figura 7**).

Durante la temporada del 2004 en el proyecto se utilizó la siguiente mezcla en un camellón de 10 metros de largo.

Material	Cantidad
Cascarilla de arroz	12,0 Kg
Ensilaje de maíz	24,0 Kg
Urea	1,5 Kg
Total	37,5 Kg
Para 5 m ² equivalente a 7,5 Kg./m ² .	

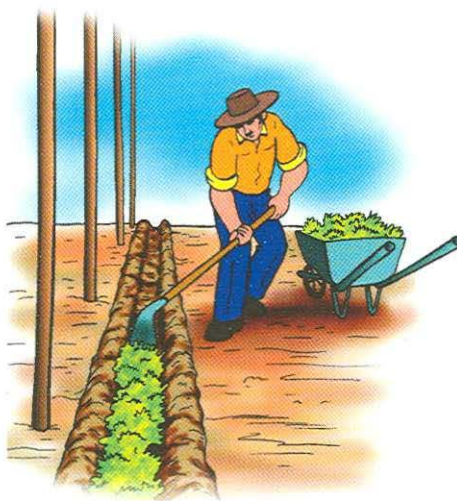


Figura 7. Aplicación del residuo en el interior del surco.

Durante la temporada del 2005 se utilizó la siguiente mezcla:

Restos de Coliflor picada	74,0	Kg de materia verde
Urea	1,15	Kg
Total	75,15	Kg
Para 5 m ² equivalente a 15 Kg/m ²		

Para mejorar la relación carbono/nitrógeno, se debe adicionar además 1,5 a 3 kilos de urea en el interior del surco. La urea facilita la descomposición del residuo (**Figura 8**).

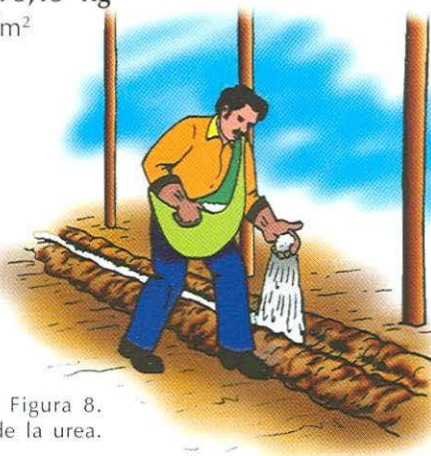


Figura 8. Adición de la urea.

Una vez aplicado el residuo o rastrojo y la dosis de urea en el interior del surco, se debe tapar el surco, utilizando para ello nuevamente el arado de vertedera, con lo que también se termina de construir la mesa definitiva (Figura 9).

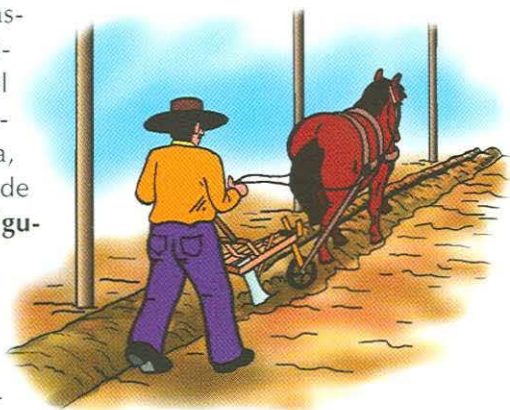


Figura 9. Tapado del surco con arado de vertedera de tracción animal.

Inmediatamente después de tapado el surco, se instala la cinta de riego junto con la cubierta de plástico, afirmando los bordes con el suelo para evitar la deshidratación, pérdidas de gases y temperatura. Luego se da el primer riego (figuras 10 y 11).

Figura 10. Instalación de la cinta de riego.

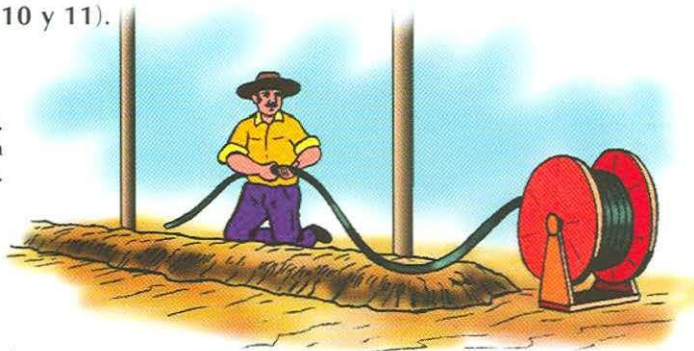


Figura 11. Tapado con plástico.



Aproximadamente 40 o 50 días después de aplicado el residuo vegetal más la urea, se toma una muestra de suelo (suelo mezclado con los restos de residuos descompuestos) desde una profundidad de 15 centímetros y se ubica en el interior de un envase de vidrio y se siembran 10 a 12 semillas de lechuga.

Si la semilla, al cabo de 5 días no germina, significa que el terreno no está apto para ser plantado.

Si las semillas han germinado, quiere decir que es el momento de plantar, sin riesgo de caída de plantas.

Durante la temporada de cultivo en el 2004, se efectuó un seguimiento de la temperatura del suelo, comparando el tratamiento de biofumigación con un testigo sin tratamiento, mediante un microcaptador de temperatura COX-Trader, con tensor externo tipo termocupla. El tensor se ubicó a 20 cm. de profundidad en ambas mesas, el equipo registró datos cada hora desde el 20 de enero al 30 de abril. En la **Figura 12**, se muestra la evolución de la temperatura del suelo en el tratamiento con biofumigación (línea roja) y en el testigo (línea verde), en las primeras 48 horas de la aplicación del tratamiento no se distinguen diferencias entre ambos tratamiento, pero después de ese tiempo se comienza a notar una diferenciación de la temperatura, la que puede atribuirse al tratamiento de biofumigación. Estas diferencia se hace más notoria al final del periodo, donde en abril ya existe una tendencia a disminuir la temperatura del suelo, en comparación a la biofumigación que se eleva 10°C sobre la temperatura del testigo.

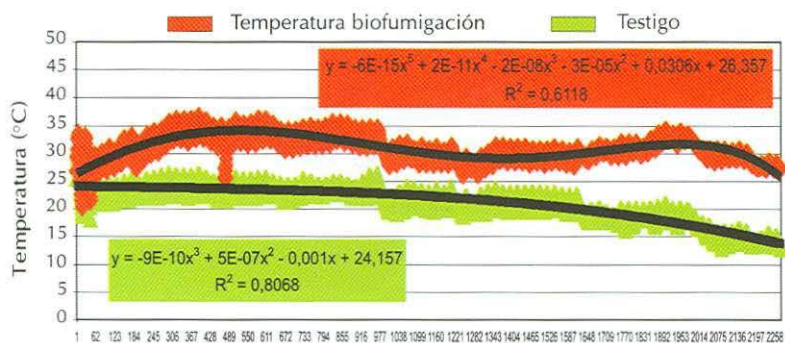


Figura 12. Evolución de la temperatura de suelo (°C) en los tratamientos biofumigación y Testigo, a 20 cm de profundidad. Colín, Talca.

VAPORIZACIÓN DE SUSTRATOS

Jorge Carrasco J.¹ y Jorge Riquelme S.²

La vaporización es un método de esterilización del sustrato, donde crecen las raíces de las plantas, basado en el calor que transfiere el vapor de agua, aplicado con un equipo especial que consta básicamente de una caldera y de un contenedor metálico. La importancia que se le atribuye a esta tecnología es el bajo impacto ambiental que representa, y que puede ser considerada una técnica aceptada bajo las normas de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y la producción orgánica.

Equipos vaporizadores

La operación de los equipos vaporizadores de sustratos disponibles en Chile de fabricación nacional y extranjera (**Foto 9**), logran una temperatura de aplicación que oscila entre los 70 y 90°C, por un tiempo de proceso que va de 30 a 50 minutos (Carrasco, 2002b), dependiendo de la densidad y grado de humedad del sustrato, a mayor contenido de humedad del sustrato mayor tiempo se requerirá en el proceso de aplicación de vapor.



Foto 9. Equipo vaporizador "Siux" de 25 PSI, apropiado para la vaporización de sustratos.

¹ Ingeniero Agrónomo Dr. Ag. Investigador INIA-Rayentué.

² Ingeniero Agrónomo Dr. Ag. Investigador INIA-Raihuén.

Antes de adquirir un equipo es necesario hacer un estudio de factibilidad de uso de este procedimiento en el predio, considerando la facilidad de traslado, suministro de agua, electricidad y combustible. Las temperaturas obtenidas con este procedimiento (sobre 70°C) destruyen insectos, ácaros, nematodos, hongos y semillas de malezas (Figura 13).



Figura 13. Puntos letales térmicos para diferentes agentes nocivos de las plantas (Mastalerz, 1977).

En la elección del equipo es importante considerar la capacidad de generación de vapor, la que determina el volumen de sustrato que se puede tratar en cada proceso de esterilización. Además, se debe obtener información sobre el rendimiento del equipo y la dotación de mano de obra que requiere en su operación, de modo de lograr aplicaciones oportunas.

¿Qué es un sustrato?

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el “anclaje” del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la plan-

ta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta.

En el mercado existen una amplia oferta de sustratos, tanto de fabricación nacional como importados, además de los sustratos preparados por los propios viveros para su autoabastecimiento. En general, estos materiales pueden o no presentar en su composición diferentes porcentajes de compost (de diversos materiales, como restos de residuos orgánicos, guanos y estiércol, subproductos agrícolas, entre otros), elementos inertes (lana de roca, perlita o vermiculita), turba (rubia o negra), arena (de diferentes granulometrías), aserrín, corteza de pino, y tierra de hoja.

Un buen sustrato depende de numerosos factores, como son: el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), la especie vegetal, las condiciones climáticas, los sistemas y programas de riego y fertilización, y los aspectos económicos, etc. Cualquier actividad biológica presente en los sustratos es perjudicial para el establecimiento y desarrollo de plantas. Los microorganismos presentes compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes. También pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida, como granulometría, porosidad y densidad aparente. Generalmente disminuye su capacidad de aireación, pudiéndose producir asfixia radicular. La actividad biológica está restringida a los sustratos orgánicos y se deben eliminar aquellos cuyo proceso de degradación sea demasiado rápido. De ahí la importancia de incorporar mezclas de materiales orgánicos e inertes, en la composición de un sustrato.

Formas de acción

Vaporización pasiva

El proceso normal de aplicación de vapor, que ha sido utilizado tradicionalmente en Chile en contenedores cerrados, se denomina vaporización pasiva (aplicación pasiva de vapor), es decir, el vapor se mueve y penetra en el sustrato lentamente forzado por su propia presión de entrada.

Con este tipo de vaporización, las temperaturas alcanzadas al interior del sustrato son muy fluctuante, pudiendo llegar en algunos puntos a los 90°C, como en otros no superar los 30°C. esto afecta la eficiencia y eficacia de control de los patógenos, porque es necesario alcanzar temperaturas sobre 70°C para controlar la mayoría de los organismos que pueden afectar el establecimiento y desarrollo posterior de las plantas en sustrato.

Vaporización activa

La vaporización a presión negativa es una alternativa prometedora, más rápida y eficiente desde el punto de vista energético (Braga *et al*, 2003). El vapor de agua aplicado bajo el sistema de vaporización activa, se aplica en un contenedor en el que se encuentra el sustrato (**Foto 10**). Los equipos, normalmente, pueden llegar a alcanzar una temperatura máxima de aplicación, en el volumen del sustrato, de entre 90 y 100°C, la cual tiene una distribución homogénea en el interior de él. Con un tiempo de proceso que varía de 40 a 50 minutos por metro cúbico de sustrato. No es aconsejable sobrepasar los 90°C, ya que so-



Foto 10. Sistema de desinfección de sustrato con aplicación de vapor activo. 1 Caldera, 2 Contenedor y 3 Extractor de vapor.

bre esta temperatura se destruyen organismos benéficos para el suelo, lo que podría originar una rápida proliferación de los microorganismos perjudiciales, posterior a la esterilización.

La aplicación de vapor activa, llamada también aplicación a presión negativa, se hace con equipos de proceso pasivo a los cuales se les adiciona un extractor de aire. El extractor fuerza el paso del vapor a través del sustrato, logrando una disminución en los tiempos de desinfección de entre un 20% y 30%. Con este sistema activo, el vapor se distribuye en forma más homogénea y se reduce el costo de desinfección, al requerir menor tiempo de uso de energía (petróleo y electricidad), con lo cual se torna más eficiente. Con esta forma de vaporización, a los 30 minutos de estar funcionando el equipo, las temperaturas son más homogéneas, en cada punto del sustrato, fluctuando entre los 80 y 90°C.

Los equipos vaporizadores de sustratos, nacionales e importados, disponibles en el comercio, no cuentan con la implementación necesaria para trabajar el sistema de vapor activo. En todo caso, es fácil adaptarlos adicionándoles un extractor que se puede construir en maestranzas locales.

Recomendaciones para la vaporización de sustrato

La aplicación de vapor, se realiza con el sustrato con un contenido de humedad entre un 15 a un 20% base peso seco. Una forma práctica de establecer el contenido adecuado de humedad, es tomando y apretando con la mano, si de él se desprende agua, no tiene el contenido de humedad adecuado para la operación, por el contrario, si en la palma de la mano se percibe una leve humedad, es un buen indicador para vaporizar. Aplicaciones de vapor en sustratos saturados, son ineficientes porque el agua llena los macroporos de éste, impidiendo una adecuada difusión del vapor en su interior, además de favorecer la condensación de éste. Esto último es importante, porque al programar el volumen de sustrato a vaporizar, éste debe estar protegido de las lluvias antes de la labor de vaporización.

Para mantener el sustrato limpio y evitar que se contamine luego de haber sido esterilizado, se requiere de un espacio protegido de trabajo del equipo y almacenamiento del sustrato. El lugar asignado debe contar con un espacio adecuado para que los operadores puedan trabajar sin peligro de accidentes.

Trabajos realizados por INIA, recomiendan no hacer uso del sustrato vaporizado, para siembra o plantación, hasta 24 a 48 horas después de aplicado el tratamiento y posterior ventilación, ya que se produce una acumulación de nitrógeno amoniacal, por descomposición de la materia orgánica, el que en exceso puede ser tóxico para las semillas o plantas (Pizarro, 2001).

La adquisición de un equipo vaporizador de sustrato, requiere primero un análisis, que permita estimar la conveniencia de incorporar este procedimiento al sistema productivo. Previo a la compra, se debe considerar la cantidad y tipo de sustrato utilizado anualmente, los meses de mayor demanda, la disponibilidad de un lugar físico, techado para la ejecución del trabajo y almacenamiento del sustrato, suministro de agua electricidad monofásica y combustible (petróleo). Existen en Chile equipos vaporizadores que cuentan con una caldera y contenedor, diseñados para aplicar vapor en 1 m³ de sustrato. Si se considera que tratar ese volumen, toma un tiempo de 40 a 50 minutos, en 8 horas de trabajo se pueden tratar 9,5 a 12 m³ de sustrato.

Respecto al equipo que se va a adquirir, un aspecto importante a considerar es su capacidad de generar vapor, la cual debe concordar con el volumen de sustrato que se maneja en el predio. Se necesitan 15 a 20 kilos de vapor por metro cúbico de sustrato.

METAM SODIO PARA ALMÁCIGO Y PLANTACIÓN

Jorge Carrasco J.¹; Jorge Riquelme S.²; y Edmundo Varas B.³

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 nematodos y hongos. También permite controlar las malezas y sus semillas en proceso de germinación, ya sean gramíneas o de hojas ancha, anuales o perennes (Malgarejo *et al*, 2001).

El nombre Metam-sodio corresponde al ingrediente activo. Actualmente se comercializa en Chile como 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 (Braga *et al*, 2003).

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, nematodos, 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 cuáles 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

¹Ingeniero Agrónomo Dr. Ag. Investigador INIA-Rayentué.

²Ingeniero Agrónomo Dr. Ag. Investigador INIA-Raihuén.

³Ingeniero Agrónomo Investigador INIA-Raihuén.

la aplicación, para estimular la germinación de las semillas de malezas y activar el crecimiento de nematodos 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, nematodos y semillas de malezas, lo recomendable es aplicar el Metam-sodio entre septiembre y abril, que corresponde a los meses donde se tiene la certeza de alcanzar temperaturas 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 (Carrasco *et al.*, 2002a). 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 (figuras 14 y 15).

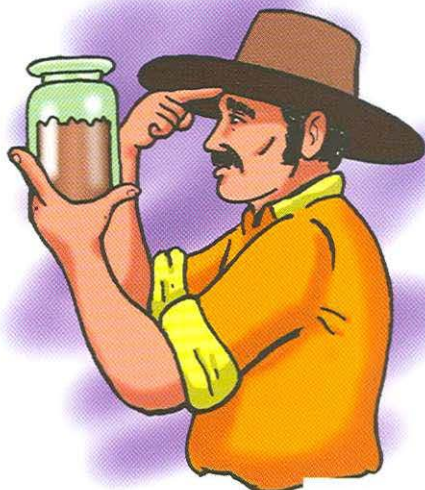


Figura 14.
Ausencia de
germinación y
emergencia de
lechugas.
Inoportuno
sembrar, y repetir
prueba tres días
después.



Figura 15.
Emergencia
evidente en la
totalidad de las
semillas. Momen-
to oportuno de
sembrar.

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 cercanas al área a fumigar, se debe dejar una distancia mínima de seguridad de 10 mt, en especial cuando se trata de plantines en almaciguera o en bandeja, puesto que los gases pueden afectar a las plantas establecidas.

Desinfección de suelos para almácigo

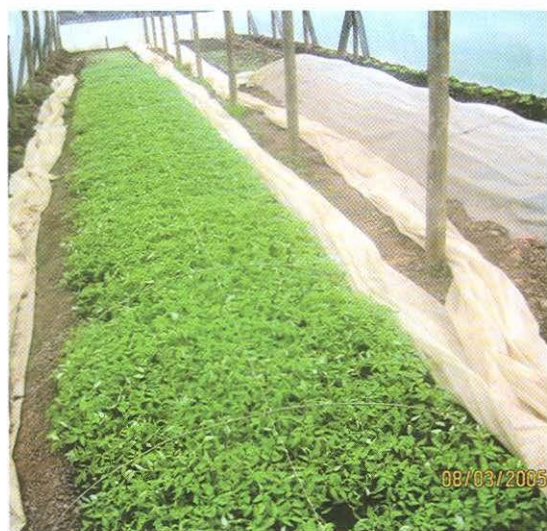


Foto 11.
Plantas de tomate
en almaciguera sobre
suelo desinfectado con
Metam-sodio. Unidad
de Validación Luis Cañete,
Unihue, Maule, VII Región.

Para la producción de almacigos, 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.

Se aplica el Metam-sodio con un pulverizador hidráulico de mochila (**Foto 12**), 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.

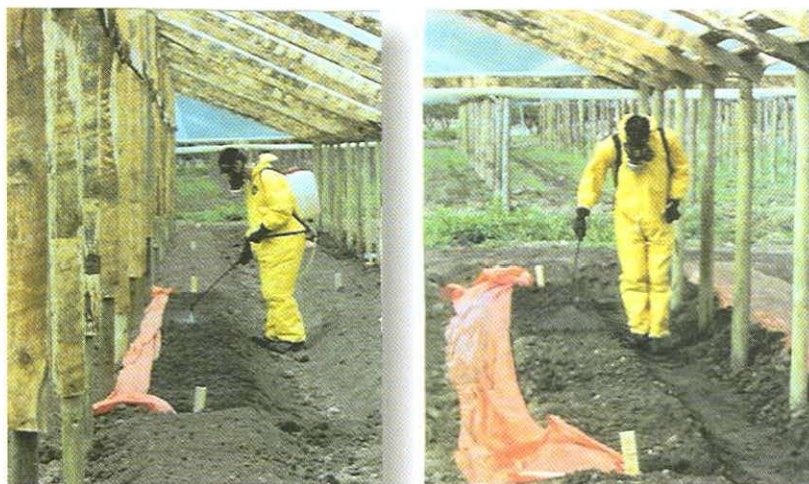


Foto 12. Aplicación del desinfectante de suelo con un pulverizador hidráulico de mochila.

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:

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 $120 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ la dosis a utilizar será:

$$\text{Dosis fumigante (cm}^3\text{)} = \text{Superficie total (m}^2\text{)} \times \text{Dosis recomendada (cm}^3/\text{m}^2\text{)}$$

$$\text{Así: Dosis fumigante} = 6 \text{ (m}^2\text{)} \times 120 \text{ (cm}^3/\text{m}^2\text{)} = 720 \text{ (cm}^3\text{)}$$

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:

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

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

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

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:

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

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

La manera correcta de llenar el estanque es cargarlo con agua a 1/3 de su capacidad, posteriormente se agrega la dosis calculada de fumigante para el estanque (375 cm^3) 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 cm^3 del fumigante mezclado con agua hasta completar un volumen de 13,8 L). Se agita varias veces el estanque para favorecer la mezcla del fumigante con el agua.

Si se desea conocer en cuantos metros lineales de platabanda se debe aplicar los 15 litros de mezcla se puede hacer la siguiente relación:

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

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

$$\text{Metros de Platabanda a Fumigar} = \frac{15 \text{ (L)} \times 10 \text{ (m)}}{28,8 \text{ (L)}} = 5,02 \text{ m}$$

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 2 centímetros de platabanda.

La aplicación de la mezcla debe efectuarse distribuyendo la solución lo más homogéneamente posible sobre la superficie de suelo destinada al almacigo. Para ello es necesario que el aplicador, previamente, simule una aplicación con agua pura, para establecer el tiempo que se requiere, en función del paso del operador, en aplicar todo el volumen de agua en la superficie a desinfectar.

Al finalizar la aplicación se debe volver a aplicar un volumen similar de agua en la superficie tratada, de esta manera el producto será desplazado desde la superficie hacia una profundidad donde se facilite el proceso de gasificación de éste. Además, quedará bajo una película de agua, que reducirá pérdidas por gasificación prematura, y al mismo tiempo que la circulación de agua limpia permite limpiar el estanque y sistemas de conducción del equipo utilizado. Una vez terminada esta operación se cubre la superficie con plástico (**Foto 13**) y se mantiene cubierta por un periodo de 14 a 25 días según la época del año. En verano, por las altas temperaturas de suelo, el Metam-sodio gasifica más fácilmente, requiriendo de 12 a 18 días para actuar como desinfectante de suelos. En primavera y otoño, cuando las temperaturas del suelo son menores, el Metam-sodio requiere de 18 a 25 días para controlar en forma efectiva a los patógenos del suelo.

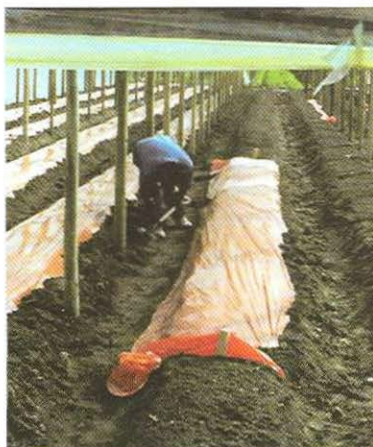
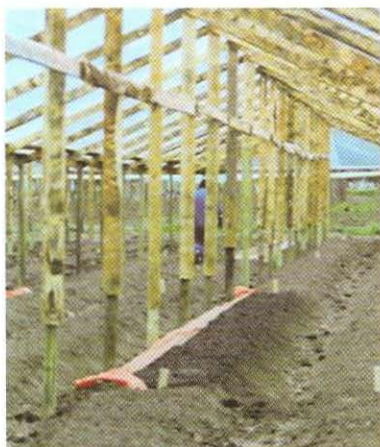


Foto 13. La superficie aplicada debe quedar bien cubierta con un plástico.

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 debería 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, para lo cual basará su recomendación en las condiciones de temperatura, humedad, y textura del 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 18 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 24 a 28 días antes de la siembra. El tiempo de ventilación debe ser igual a la mitad del tiempo requerido para el tratamiento.

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. Sin embargo, por sus características puede ser aplicado a través de riego por goteo en invernaderos, no provocando corrosión en las tuberías plásticas.

Desinfección de suelo para plantación de hortalizas

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 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:

Superficie a fumigar (m^2) = Largo mesas (m) x Ancho mesas (m) x N° 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:

Superficie a fumigar (m^2) = 45 (m) x 0,6 (m) x 16 = 432 m^2

Las recomendaciones de dosis de producto para la desinfección de suelo para plantación varían entre 0,1 a 0,12 L/ m^2 (equivalente a 100 a 120 cm^3/m^2) 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:

Dosis de fumigante (L) = Superficie a fumigar (m^2) x Dosis recomendada (L/ m^2)

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:

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

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 número de mesas es de 16 y el caudal de la cinta es de 4 L (litros que entrega por cada metro lineal de cintas en una hora).

Así:

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

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%, ¿cual 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 (Vázquez, 2003), Venturi o una bomba inyectora auxiliar (**Foto 14**). 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:

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



Foto 14. Equipo de aplicación de Metam Sodio mediante riego por cinta.

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.

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 con agua limpia por un tiempo similar al de aplicación, así el producto sufre una carga de agua que lo incorpora en profundidad, además que esto permite dejar lavadas las tuberías y cintas de riego. Esto último es importante, porque una vez finalizada la aplicación de metam sodio como de cualquier otro fumigante, permanecen residuos del producto adheridos interiormente en las tuberías y sistemas de conducción del riego por goteo. Cuando se produce posteriormente la plantación de la hortaliza que nos interese establecer, será necesario regar una vez plantada esta. Si no se ha lavado el sistema, haciendo circular agua limpia, esos residuos que queden en el interior de las cintas o tuberías, serán llevados por el riego hasta los puntos de plantación, afectando consecuentemente el establecimiento de las plantas, llegando a producir, en algunos casos muerte de ellas.

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

La **Figura 16**, resume las recomendaciones sugeridas para la aplicación de Metam-sodio en el suelo.

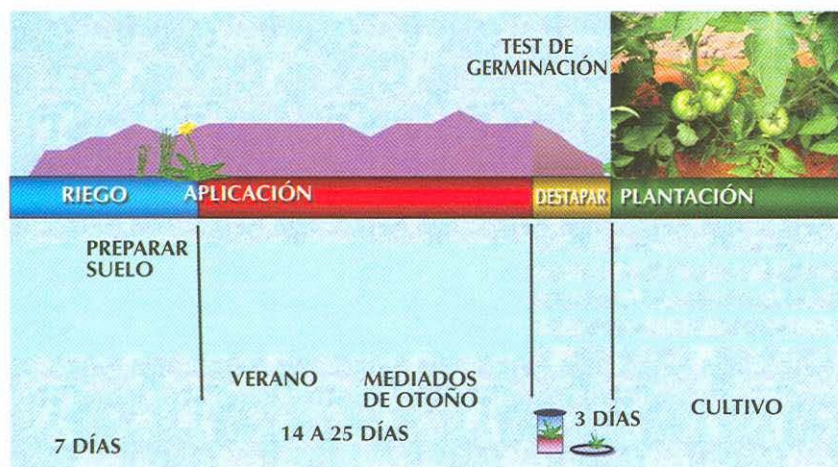


Figura 16. Resumen de recomendaciones para la aplicación de un fumigante de suelo.

1. Preparar el suelo a 30 cm. de profundidad con buen mullimiento. Terrones no mayor a 3 cm. de diámetro.
2. Regar para activar malezas y microorganismos
3. Siete días después aplicar el producto.
4. Cubrir con plástico polietileno.
5. Mantener el producto en el suelo por 12 a 18 días, si la aplicación ha sido en verano o inicios de otoño, y de 18 a 25 días si se ha hecho a inicios de primavera o mediados de otoño.
6. Levantar el plástico (polietileno) y ventilar.
7. Realizar la prueba de germinación
8. Si la prueba de germinación es positiva, sembrar o plantar. Si es negativa repetir la prueba tres días después hasta que sea positiva.

ENSAYOS DE PRODUCCIÓN DE TOMATES BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE DESINFECCIÓN DE SUELO

Jorge Riquelme S.¹; Jorge Carrasco J.²; y Andrea Torres P.³

En predios de diferentes productores de la Comuna de Maule se efectuaron ensayos de validación en dos temporadas del cultivo del tomate para evaluar el efecto de diferentes alternativas de desinfección de suelo, tanto en la producción de almácigos, como en la producción de tomates.

7.1. Almácigos de tomate temporada 2004

7.1.1. Unidad de validación productor César Cáceres

Se destinó una nave para el establecimiento de los distintos tratamientos, distribuyendo cuatro tratamientos en cuatro platabandas, en un diseño de bloques al azar, desinfectando 10 m de longitud en cada parcela. De este sector se escogió una superficie aproximada de 1 m² para la siembra de los almácigos. Se estableció la variedad de tomate María Italia según lo indicado en el **Cuadro 5**.

En la **Figura 17**, se observa que el tratamiento con biofumigación presentó en el menor porcentaje de germinación con respecto al resto de los tratamientos, indicando con esto que aún existía un efecto biofumigante del tratamiento, a pesar de que habían transcurrido 112 días desde que se aplicó el residuo vegetal y con una ventilación de 8 días. No se descarta que también se haya producido un efecto alelopático de las malezas que se desarrollaron bajo el mulch plástico transparente, principalmente Verdolaga. En el caso del tratamiento de

¹Ingeniero Agrónomo Dr. Ag. Investigador INIA-Rayentué.

²Ingeniero Agrónomo Dr. Ag. Investigador INIA-Raihuén.

³Ingeniero Agrónomo Investigadora INIA-Raihuén

Cuadro 5. Sistema y fecha de aplicación de tratamientos de desinfección de suelo para almácigos de tomate. Colín, Maule, VII Región (2004).

Tratamiento	Sistema de aplicación	Fecha de aplicación	Fecha de siembra
T1. Biofumigación	Cascarilla de arroz 12 kg + Ensilaje de maíz 24 kg + Urea 1,5 Kg.	21 Enero	19 Mayo
T2. Vaporización	Aplicación de vapor al suelo, por un tiempo de 60 minutos	6 Mayo	19 Mayo
T3. Bromuro de Metilo	Uso de bombona en dosis de 68 gr./m ²	20 Abril	19 Mayo
T4. Testigo	Sin aplicación	---	19 Mayo

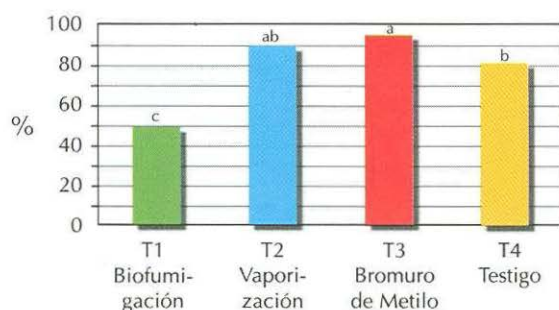


Figura 17. Porcentaje de plantas emergidas con los diferentes tratamientos de desinfección de suelo. Colín, Maule, VII Región.

(Valores seguidos de igual letra no difieren estadísticamente, según la prueba de comparación múltiple de Duncan $P \leq 0,05$).

vaporización presentó un porcentaje promedio menor de germinación que el tratamiento con bromuro de metilo, pero no difirió significativamente con este ni con el tratamiento testigo. El tratamiento testigo presentó un promedio menor de plantas que el tratamiento con bromuro de metilo, y en el general mostró un menor desarrollo de plantas, principalmente afectado por la alta competencia con las malezas.

En las evaluaciones realizadas posteriormente en bolsas sólo se produjo la pérdida de una planta en el tratamiento Testigo (T4R2) y otra en el tratamiento con Bromuro de Metilo (T3R3). En general, los productores

hicieron notar que las plantas del tratamiento con biofumigación presentaban un color más verde y con mayor desarrollo que el resto de los tratamientos. Los testigos presentaron el menor tamaño de planta y con abundante maleza (**Foto 15**).



Foto 15. A la izquierda, plantas biofumigadas y a la derecha, plantas con suelo sin tratar.

7. 1. 2. Unidad de validación productor Gustavo Miranda

En esta unidad de validación ubicada en el predio de Gustavo Miranda, Colín, comuna de Maule, se desinfectó sustrato con vapor y se comparó con sustrato sin tratar y sustrato tratado con bromuro de metilo según se indica en el **Cuadro 6**, se sembró en bandejas la variedad de tomate María Italia.

La **Figura 18**, muestra la variación en el porcentaje de germinación cada dos semanas después de la siembra. En general, sólo se presentaron diferencias significativas en la segunda medición mostrando la tendencia que el sustrato que fue tratado con vapor, la emergencia demoró un poco más llegando al final a presentar un promedio mayor que el resto de los tratamientos pero sin diferencia significativa. El análisis del sustrato sin tratamiento no mostró presencia de nematodos ni enfermedades que pudieran afectar a las plantas, por lo que no se requería

Cuadro 6. Sistema y fecha de aplicación de tratamientos de desinfección de sustrato para almácigos de tomate. Colín, Maule, VII Región (2004).

Tratamiento	Sistema de aplicación	Fecha de aplicación	Fecha de siembra
T1. Vapor	Sistema de aplicación negativa, aplicación de vapor por 60 minutos a una temperatura de 95°C.	6 Mayo	17 Mayo
T2. Sin tratar	-	-	17 Mayo
T3. Bromuro de Metilo	Uso de bombona en dosis de 680 gr por cada 1,5 m ³	2 Mayo	17 Mayo

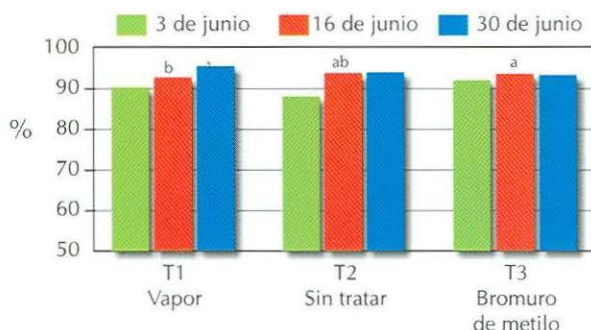
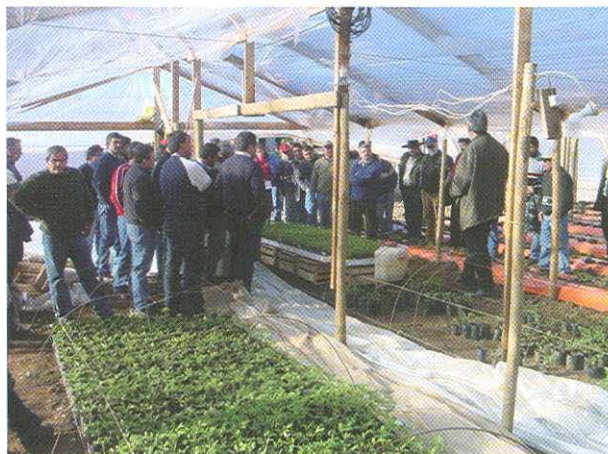


Figura 18. Porcentaje de germinación de plantines de tomate sembrados en bandejas. Efecto de dos tratamientos de desinfección de suelo. Temporada 2004. Colín, Maule, VII Región.

de un tratamiento para asegurar el establecimiento de las plantas. En general, como lo apreciaron los productores en el día de campo efectuado el 8 de julio del 2004, las plantas de los distintos tratamientos no mostraron diferencias de desarrollo que pudieran indicar la procedencia de cada tratamiento (**Foto 16**).

Las plantas una vez completado su desarrollado fueron plantadas en los invernaderos correspondientes y no presentaron problemas en su desarrollo que pudieran ser atribuibles a los distintos tratamientos.

Foto 16.
Producción de
plantas en bandejas
en la unidad de
validación de
Gustavo Miranda.
Temporada 2004.
Colín, Maule VII
Región.



7.1.3. Unidad de validación productor José Moya

En esta unidad de validación se distribuyeron tres tratamientos en cuatro platabandas, en un diseño de bloques al azar, desinfectando 10 m de longitud en cada parcela, de este sector se escogió una superficie aproximada de 1 m² para la siembra de los almácigos. Se estableció la variedad de tomate María Italia según lo indicado en el **Cuadro 7**.

En la **Figura 19**, se observa que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, corroborando de este modo que la alternativa al bromuro de metilo tiene al menos la misma

Cuadro 7. Sistema y fecha de aplicación de tratamientos de desinfección de suelo para almácigos de tomate. Colín, Maule, VII Región (2004).

Tratamiento	Sistema de aplicación	Fecha de aplicación	Fecha de siembra
T1. Metam Sodio	Mediante un pulverizador de mochila en dosis de 120 cc/m ²	6 de abril	20 de mayo
T2. Sin tratar	-	-	20 de mayo
T3. Bromuro de Metilo	Uso de bombona en dosis de 68 gr./m ²	14 de abril	20 de mayo

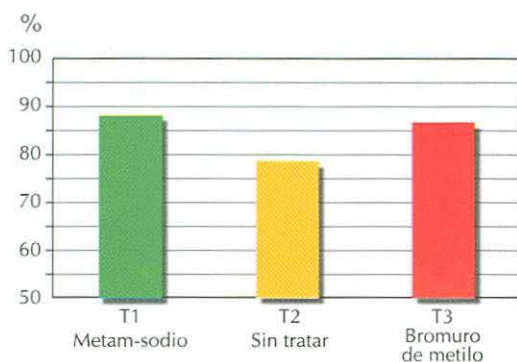


Figura 19. Porcentaje de plantas emergidas con los diferentes tratamientos de desinfección de suelo. Colín, Maule, VII Región.

efectividad del fumigante que se desea reemplazar. A pesar que el testigo no mostró un promedio significativamente inferior al resto de los tratamientos, si se observó un menor desarrollo de las plantas afectada principalmente por la alta presencia de malezas que obligaron a efectuar dos limpiezas en el periodo de almácigo.

7. 1.4. Unidad de validación productor Luis Cañete

Esta unidad estaba ubicada en la localidad de Unihue, se destinó una nave para el establecimiento de los distintos tratamientos, distribuyendo cuatro tratamientos en cuatro platabandas, en un diseño de bloques al azar, desinfectando 10 m de longitud en cada parcela, de este sector se escogió una superficie aproximada de 1 m² para la siembra de los almácigos. Se estableció la variedad de tomate María Italia según lo indicado en el **Cuadro 8**.

En la **Figura 20**, lo primero que llamó la atención fue la falta de emergencia de plantas en el tratamiento efectuado con Dazomet, el que debido a las bajas temperatura del suelo (menos de 10°C) durante la época de siembra de los almácigos aún persistió el efecto fumigante del producto, de acuerdo con esto no es una alternativa apropiada para la producción de almácigos en la zona centro sur. De allí la importancia de haber podido efectuar esta evaluación para las futuras recomendaciones de los productores.

La aplicación de Bromuro de metilo también mostró efectos en la emergencia, con lo que se obtuvo un promedio significativamente menor de plantas emergidas con respecto a la aplicación del Metam-sodio. El testigo no mostró diferencia significativa en su emergencia con el

Cuadro 8. Sistema y fecha de aplicación de tratamientos de desinfección de suelo para almácigos de tomate. Unihue, Maule, VII Región (2004).

Tratamiento	Sistema de aplicación	Fecha de aplicación	Fecha de siembra
T1. Metam Sodio	Mediante un pulverizador de mochila en dosis de 120 cc/m ² .	7 de abril	2 de junio
T2. Dazomet	Se esparció en el suelo incorporándolo con un rastrillo, en dosis de 60 gr/m ² . Inmediatamente se selló la platabanda con un plástico, para evitar el escape del gas.	7 de abril	2 de junio
T3. Bromuro de Metilo	Uso de bombona en dosis de 68 gr/m ²	20 Abril	2 de junio
T4. Testigo	Sin aplicación	-	2 de junio

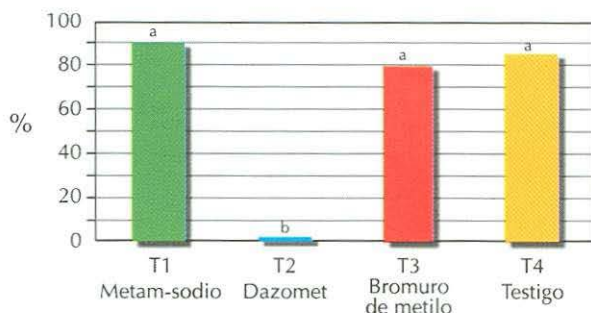


Figura 20. Porcentaje de plantas emergidas con los diferentes tratamientos de desinfección de suelo. Unihue, Maule, VII Región.

(Valores seguidos de igual letra no difieren estadísticamente, según la prueba de comparación múltiple de Duncan $P \leq 0,05$).

Metam-sodio, pero las plantas presentaron un menor desarrollo y alta competencia con las malezas.

En general el ensayo permitió verificar que el Metam-sodio es el producto que presenta menos peligro de persistencia y que no afecta el establecimiento de las semillas en los almácigos.

7.2. Producción de tomates Temporada 2004

En la **Figura 21**, se muestra los resultados de la evaluación de cosecha efectuada en la nave de la unidad de validación del productor César Cáceres. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de biofumigación y vapor, con respecto al tratamiento con bromuro de metilo y con el testigo. De toda manera, la producción de tomate de primera y segunda se redujo en un 30% en el tratamiento testigo con respecto al promedio de los tratamientos con desinfección de suelo.

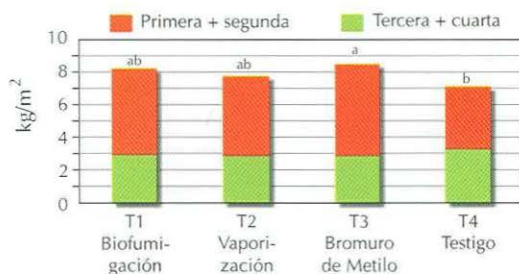


Figura 21. Producción de tomate de diferentes categorías en la unidad de validación de César Cáceres, Colín, Maule, VII Región.

La producción de tomate de primera + segunda que obtiene los mejores precios en la comercialización correspondió sólo al 53% en el testigo, en cambio en el tratamiento con biofumigación este porcentaje se incrementó a un 64%.

7.3. Almácigos de tomate temporada 2005

7.3.1. Unidad de validación productor César Cáceres

En el **Cuadro 9**, se muestran los sistemas y fecha de aplicación de los diferentes tratamientos utilizados en esta temporada.

En la **Figura 22**, se observa que el tratamiento con biofumigación presentó un menor porcentaje de germinación con respecto al resto de los tratamientos de desinfección de suelo. No existió diferencia significativa entre el tratamiento de Metam-sodio + *Trichoderma* con la desinfección de suelo con Bromuro de Metilo. El tratamiento testigo presentó un promedio menor de plantas que los dos tratamientos mencionados anteriormente y fue necesario efectuar limpiezas manuales para evitar la competencia de las malezas.

Cuadro 9. Sistema y fecha de aplicación de tratamientos de desinfección de suelo para almácigos de tomate. Colín, Maule, VII Región (2005).

Tratamiento	Sistema de aplicación	Fecha de aplicación	Fecha de siembra
T1. Biofumigación	Restos de Coliflor picada 74 kg de materia verde + Urea 1,15 kg.	27 Enero	13 Mayo
T2. Metam sodio + <i>trichoderma</i>	Metam Sodio en dosis de 120 cc/m ² , aplicado mediante un pulverizador de mochila. Antes de la siembra se asperjo con una regadera la primera dosis de <i>Trichoderma</i> cepa Queule en dosis de 10 ml por litro, regándose cada parcela con 3 litros de agua, la aplicación se efectuó el 13 de mayo. Se repitió la aplicación 15 días después de la siembra.	4 Abril	13 Mayo
T3. Bromuro de Metilo	Uso de bombona en dosis de 68 gr/m ²	20 Abril	13 Mayo
T4. Testigo	Sin aplicación	-	13 Mayo

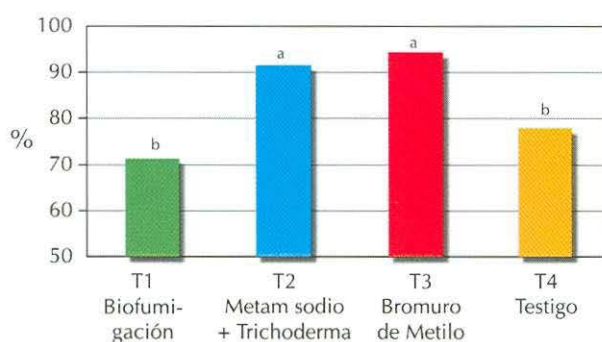


Figura 22. Porcentaje de plantas emergidas con los diferentes tratamientos de desinfección de suelo. Colín, Maule, VII Región.

(Valores seguidos de igual letra no difieren estadísticamente, según la prueba de comparación múltiple de Duncan $P \leq 0,05$).

Después de dos temporadas de evaluación se concluye que la desinfección de suelo mediante biofumigación para la producción de almácigo no es conveniente.

7.3.2. Unidad de validación productor Gustavo Miranda

En el **Cuadro 10**, se muestran los sistemas y fecha de aplicación de los diferentes tratamientos utilizados en esta temporada.

En la **Figura 23**, se observa que el tratamiento con vapor presentó diferencias significativas con la aplicación de Bromuro de Metilo resultando con mejor porcentaje de germinación.

Cuadro 10. Sistema y fecha de aplicación de tratamientos de desinfección de sustrato para almácigos de tomate. Colón, Maule, VII Región (2005).

Tratamiento	Sistema de aplicación	Fecha de aplicación	Fecha de siembra
T1. Vapor	Sistema de aplicación negativa, aplicación de vapor por 60 minutos a una temperatura de 95°C.	4 Mayo	17 Mayo
T2. Vapor + <i>trichoderma</i>	Sistema de aplicación negativa, aplicación de vapor por 60 minutos a una temperatura de 95°C. Aplicación de <i>Trichoderma</i> , cepa Queule, en dosis de 10 ml por litro. Se regó cada parcela con 1 litro de agua, efectuando la aplicación el día 16 de mayo. Posteriormente, se repitió la aplicación 15 días después de la siembra.	4 Mayo	17 Mayo
T3. Bromuro de Metilo	Uso de bombona en dosis de 680 gr por cada 1,5 m ³	2 Mayo	17 Mayo
T4. Testigo	Sin aplicación	-	17 Mayo

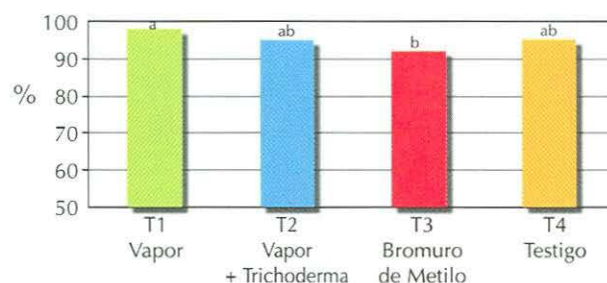


Figura 23. Porcentaje de germinación de plantines de tomate sembrados en bandejas. Efecto de tres tratamientos de desinfección de suelo. Temporada 2005. Colín, Maule, VII Región.

Aunque el testigo (sustrato sin desinfectar), no presentó diferencias significativas en cuanto al porcentaje de germinación la calidad de las plantas fue notoriamente deficiente, y finalmente fueron desechadas por el productor por no asegurar el correcto establecimiento de las plantas en las mesas de los invernaderos. La vaporización, sólo presentó un porcentaje de germinación significativamente superior al porcentaje de germinación obtenido con bromuro de metilo, estableciendo con ello, que es una técnica que puede reemplazar apropiadamente al tradicional desinfectante de sustratos.

La **Foto 17**, revela la diferencia en la calidad de las plantas de los respectivos tratamientos.



Foto17. A la izquierda, bandeja con plantas tratadas con vapor más *Trichoderma* y a la derecha, el sustrato sin tratamiento.

7.4. Producción de Tomate temporada 2005

7.4.1. Medición de altura de plantas

Con el objeto de comparar la respuesta de las plantas de tomate a los distintos tratamientos de desinfección de suelos, entre el período comprendido desde el 6 de agosto (**Foto 18**) al 18 de noviembre, se efectuó un seguimiento del crecimiento de las plantas, realizando mediciones de altura en 12 de ellas, en cada uno de los distintos tratamientos. La fecha del 6 de agosto corresponde a dos semanas después del momento del trasplante de las plantas de tomate. El 18 de noviembre, es el momento cuando el productor hace el desbrote del crecimiento apical, que coincide con el momento cuando la planta alcanza al alambrado del sistema de conducción.

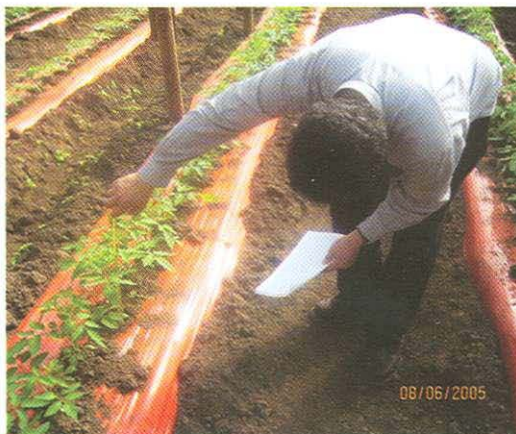


Foto 18. Inicio de medición de altura de plantas en la Unidad de validación César Cáceres, 6 de agosto de 2005, Colón, Maule, VII Región.

La **Figura 24**, muestra el efecto en el crecimiento de las plantas de los distintos tratamientos utilizados en la unidad de validación del productor, Cesar Cáceres. Se observa que los distintos tratamientos de desinfección de suelos alcanzaron, al 18 de noviembre, una altura promedio superior a los 160 cm, en comparación al testigo que no superó los 150 cm. Los mejores tratamientos fueron bromuro de metilo y *trichoderma* más Metam-sodio con 174 y 169 cm de altura promedio, respectivamente.

En la **Figura 25**, se muestran los resultados obtenidos en la Unidad de Validación del productor José Moya. En este caso, se aprecia desde un comienzo en las plantas una diferencia en altura entre el testigo y los distintos tratamientos de desinfección de suelos.

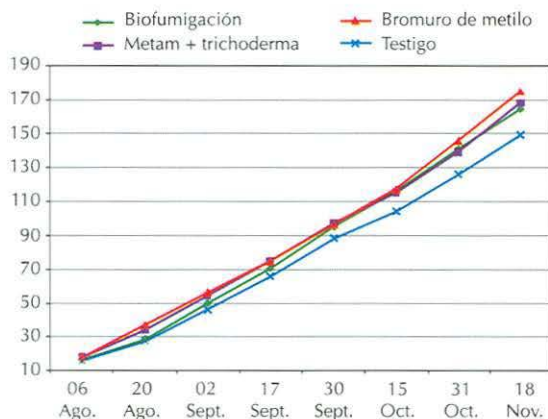


Figura 24. Crecimiento de plantas de Tomate-Invernadero bajo distintos tratamientos de desinfección de suelos. Predio del productor César Cáceres. Colín, año 2005.

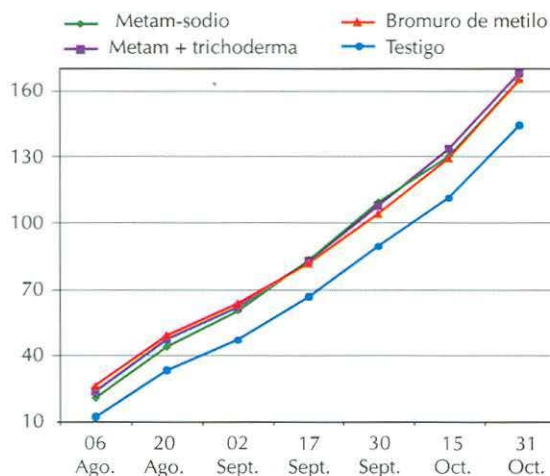


Figura 25. Crecimiento de plantas de Tomate-Invernadero bajo distintos tratamientos de desinfección de suelos. Predio del productor José Moya, Colín, año 2005.

7.4.2 Producción de tomate unidad de validación César Cáceres

En la **Figura 26**, de acuerdo a los análisis estadísticos realizados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de biofumigación y Metam-sodio más *trichodermas* con respecto al tratamiento con bromuro de metilo, sí existieron diferencias significativas entre el testigo y los distintos tratamientos de desinfección de suelos. Llama la atención, con respecto al año anterior, el alto porcentaje de categoría 1 y 2 alcanzada en esta temporada que superó el 70% en los tratamientos con desinfección de suelo.

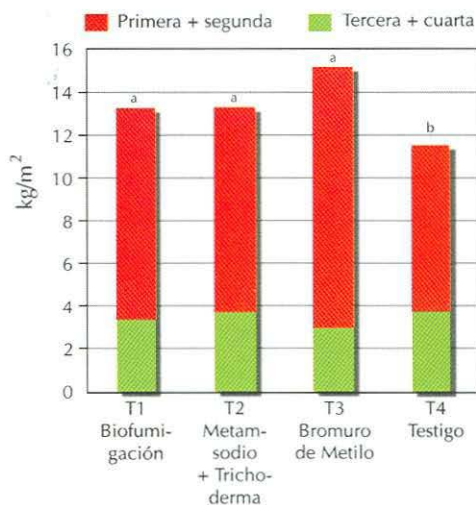


Figura 26. Producción de tomate de diferentes categorías en la unidad de validación del productor César Cáceres, 2005, Colín, Maule, VII Región.

7.4.3. Producción de tomate unidad de validación productor José Moya

En la **Figura 27**, se observa que la diferencia en producción acumulada entre el testigo y el tratamiento Metam-sodio + *trichoderma* para la suma de la categoría 1 y 2 que se comercializan juntas, fue de un 12%, y en cuanto a la producción total de un 8,7%. Destacándose de este modo, también un efecto en la calidad de lo cosechado, ya que la relación primera + segunda versus la producción total para el tratamiento Metam-sodio + *trichoderma*, fue de un 70%.

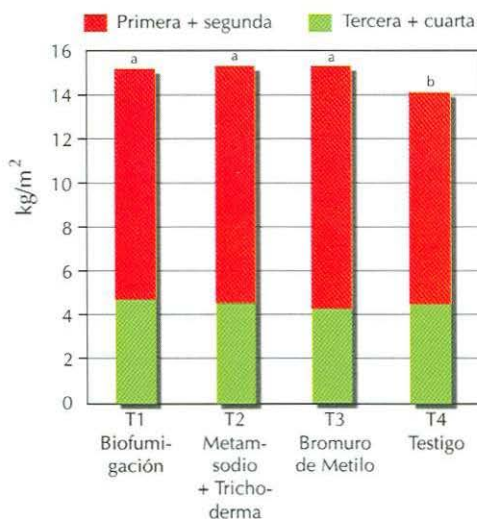


Figura 27. Producción de tomate de diferentes categorías en la unidad de validación de José Moya, 2005, Colín, Maule, VII Región.

En el **Cuadro 11**, se muestran los precios obtenidos para las diferentes categorías de tomate en las distintas fechas de cosecha. De acuerdo a esta información entregada por el productor José Moya, se puede observar que el precio del cajón varió desde \$ 8.200 hasta \$2.200 el 5 de enero de 2005.

De esta manera, el efecto del tratamiento es más relevante cuando se incluye en la comparación el efecto del precio con respecto a la producción.

Cuadro 11. Precio promedio del cajón logrado para diferentes fechas de cosecha (\$, expresado en moneda 2005). Informante José Moya. (Cajón contiene en promedio 18 Kg. de Tomate).

Fecha	Primera + Segunda	Tercera	Cuarta	Rosco
21-10-2005	8.200	7.300	5.000	4.500
25-10-2005	7.900	7.200	4.500	4.300
28-10-2005	7.900	7.000	4.500	4.200
31-10-2005	7.500	6.500	4.000	4.200
04-11-2005	8.500	7.900	4.900	4.200
08-11-2005	8.200	7.000	4.500	4.200
11-11-2005	8.200	7.000	4.500	4.500
14-11-2005	6.000	5.000	2.700	2.200
18-11-2005	4.500	4.000	2.000	1.500
21-11-2005	4.000	3.000	2.200	1.300
25-11-2005	4.000	3.000	1.900	1.300
01-12-2005	2.900	2.300	1.000	1.200
05-12-2005	4.000	3.700	2.000	1.700
08-12-2005	3.900	3.300	1.700	1.700
17-12-2005	4.800	4.200	2.100	2.000
21-12-2005	4.000	3.000	2.000	1.000
24-12-2005	3.500	2.700	nsv	nsv
27-12-2005	3.800	3.000	nsv	nsv
30-12-2005	3.000	2.300	1.200	1.000
05-01-2006	2.200	1.500	700	nsv

nsv = no se vendió tomate de la categoría respectiva

En la **Figura 28**, se muestran los pesos promedio obtenidos en diferentes eventos de cosecha, efectuadas entre el 21 de octubre y el 25 de noviembre del 2005 para la categoría primera. En ellos se puede observar que el tratamiento Metamsodio + *Trichoderma* se mantuvo, en la mayoría de las evaluaciones, por encima de la producción obtenida con el testigo. Se muestra también una gráfica de la variación del precio del cajón de tomate en las distintas fechas de evaluación.

En la **Figura 29**, se muestra el efecto de los diferentes tratamientos en la producción acumulada de la categoría primera. En ellos se puede verificar que la diferencia entre el testigo y el tratamiento Metam-sodio + *trichoderma* para el periodo considerado alcanzó a un 35%. Si esto se relaciona con el ingreso bruto acumulado obtenido a esa misma fecha se llega a una diferencia de un 36%.

Figura 28.
Comparación
de la producción
obtenida entre
tratamientos
durante los meses
de octubre a
noviembre
del 2005, para la
categoría de
cosecha primera.

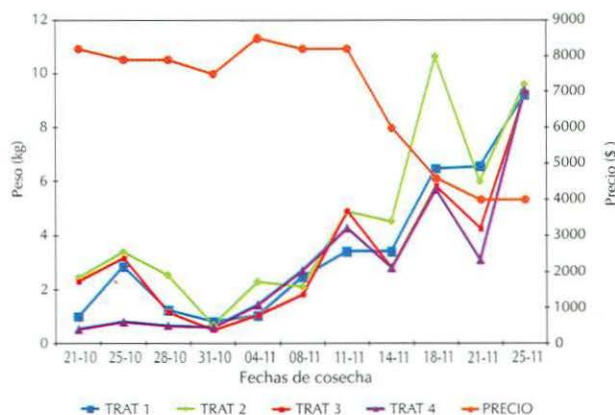
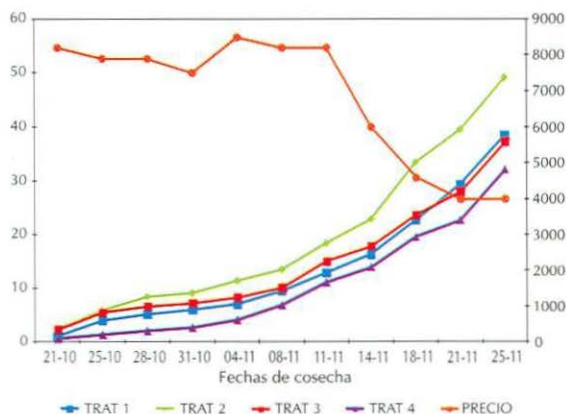


Figura 29.
Comparación
de la producción
acumulada
obtenida para los
diferentes trata-
mientos desde el
21 de octubre al
25 de noviembre,
para la categoría
de cosecha
primera.



ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS AL BROMURO DE METILO EVALUADAS

Edmundo Varas B.¹; Raúl Palma L.² y Pablo Castillo S.³

8.1 Actualización de criterios y supuestos utilizados en la formulación del análisis económico

Análisis de mercado

Las condiciones del mercado, donde comercializan los productos de tomate de Colín, no han variado en los últimos años, ya que los sistemas de comercialización continúan efectuándose en forma individual en la Macroferia de Talca, en algunas ocasiones los compradores llegan directamente a los predios, pero no es lo más frecuente.

Superficie referencial de cálculo

De acuerdo a la información que maneja la Empresa SAE LTDA, y otras fuentes consultadas (Universidad de Talca), en el área de Colín existe una superficie aproximada de 130 hectáreas de tomate bajo plástico. Por otro lado la encuesta realizada a los productores de Colín, en el año 2004 (Capítulo 1), determinó que un 94% usaba el Bromuro de Metilo para la desinfección de suelos y sustratos en la producción de almácigos, por lo cual si este porcentaje se aplica a la superficie de invernaderos del área, se puede establecer que la plantación de 122 ha. estaba condicionada al uso de bromuro de metilo.

¹Ingeniero Agrónomo Investigador INIA-Raihuén.

²Ingeniero Agrónomo Director SAE LTDA.

³Ingeniero Agrónomo Transferencista SAE LTDA.

Situación sin proyecto.

A inicios del proyecto, los productores usaban el Bromuro de Metilo para desinfectar sólo el área donde producían los almácigos de plantas de tomate, en número de 400 plantas/m², para alcanzar aproximadamente 26.000 plantas por hectárea., dependiendo del marco de plantación y considerando las posibles pérdidas que se pueden producir en el proceso. Por lo tanto se utilizaban 65 m² /ha para la producción de plantas, además de la producción en bolsas o bandejas con sustrato, siendo el suelo y el sustrato desinfectado con Bromuro de Metilo.

Ingresos

Se determinaron sobre la base de los antecedentes recopilados por la Empresa Asociada SAE LTDA, considerando los porcentajes obtenidos en los distintos meses y calidades cosechadas. En la situación sin proyecto se consideró una cosecha de 6.000 cajones por hectárea, y con proyecto se consideró el mismo número de cajones, asumiendo que sólo se desinfecta suelo para la producción de plantas en almácigo. Por otro lado, cuando se desinfectó además el área de suelo del camellón para la plantación, la cosecha subió a 7.800 cajones/ha.

Costos

Los costos de producción se elaboraron en base a los antecedentes recopilados por la Empresa SAE LTDA entre los productores de Colón. Se consideró la mano de obra a precio de mercado para la zona, y los costos de las tecnologías de desinfección de suelos según el precio del mercado. El costo de operación de la desinfección de sustratos, se hizo en base a la metodología propuesta por Carrasco *et al*, (2002).

Situación con proyecto

El proyecto evaluó diferentes tecnologías de desinfección de suelos para confeccionar los almácigos, las cuales difieren entre otros aspectos en su costo y eficacia, dependiendo de las condiciones técnicas y ambientales.

Los costos de algunas metodologías son los siguientes, expresados en moneda de diciembre de 2006:

- Dazomet \$ 1.740.000/ha.
- Metam-sodio \$ 1.320.000/ha.
- Vaporización de suelo \$ 1.850.500/ha (se requiere equipo especial para generar e inyectar el vapor en el suelo).
- Vaporización de sustrato: \$ 3.768/m³ de sustrato, que incluye costos fijos y variables de operación (se requiere equipo especial, además adquirir el sustrato).

Si un viverista o productor de plantas de hortalizas utiliza la vaporización, como una alternativa para la desinfección de sustratos, usando para ello una caldera y contenedor de un costo de \$ 7.500.00, y estimando un tiempo de 300 horas de uso anual, tiene un costo de \$ 3.768/m³ de sustrato (US\$ 7,1) (**Cuadro 12**).

En la medida que la utilización del equipo sea por un número mayor a las 300 horas de uso anual, el costo fijo del equipo será menor, por lo cual su costo de operación será menor. Es decir, a mayor intensidad de uso del equipo, los costos de operación de él serán menores.

El mayor porcentaje del costo variable de operación, como se observa en la **Figura 30**, de la vaporización de 1 m³ de sustrato corresponde al combustible (petróleo), con un 46%, y a la mano de obra, con un 40%.

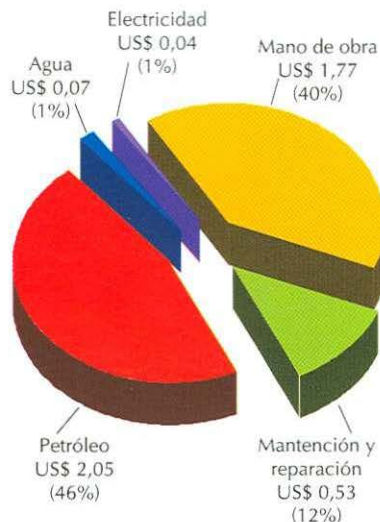


Figura 30.
Distribución porcentual del
costo de operación, expresado
en (US\$), de la vaporización
de 1 m³ de sustrato.

Cuadro 12. Análisis de costos de la desinfección de sustratos con vapor en contenedores.

Item	Unidad	Unidades /hr	\$/Unidad	\$/m ³	US\$/m ³
Petróleo	L	5,0	465	2.325	4,40
Agua	m ³	0,25	186	47	0,09
Electricidad	KWH	0,18	180	32	0,06
Mano de Obra	JH	0,14	6.000	840	1,59
Depreciación Equipo	JM	0,125	1.333	167	0,32
Mantenición y Reparación	JM	0,125	750	94	0,18
Interés al capital	JM	0,125	450	56	0,11
Seguro por inversión	JM	0,125	225	28	0,05
SUBTOTAL COSTOS				3.589	6,79
Imprevistos 5%				179	0,34
COSTO TOTAL				3.768	7,1

NOTAS:

El costo de electricidad está considerado como conexión a la red eléctrica monofásica y trifásica. Accesorios del sistema incluyen sistema de contenedores y extractor de aire.

Se estima un rendimiento mínimo de 1,0 metro cúbico por contenedor.

Se estimó un costo de mantención de 5% anual sobre el valor inicial del equipo.

Se considera que el año tiene 300 jornadas aproximadamente. Considera 6 jornadas a la semana en promedio.

Valores no consideran IVA

El valor del dólar se consideró a \$ 528,5 (al 23 de diciembre de 2006)

- Bromuro de Metilo inyectado al suelo: \$ 1.871.100 (se necesita equipo especial para su aplicación). Normalmente se utilizan los servicios de empresas aplicadoras.
- Bromuro de Metilo en bombonas para desinfección de sustratos: \$ 5.400/m³ (**Cuadro 13**).

Cuadro 13. Costo de desinfección de sustratos con bromuro de metilo en bombona.

Item	Unidad	\$/Unidad	Unidades /m ³	\$/m ³	US\$/m ³
Bromuro de Metilo 98/2 (Bombona de 1,5 Lb)	Bombona	6.500	0,65	4.225	8,0
M. de Obra:					
- Aplicación	JH	6.000	0,05	300	0,6
- Ventilación	JH	6.000	0,05	300	0,6
Plástico (*)	Kg	2.300	1,50	575	1,1
COSTO TOTAL				5.400	10,2

NOTAS:

Valores al 23 de diciembre del 2006

Valores no consideran IVA

El valor del dólar se considera a \$ 528,50

(*): se consideró un uso de 6 posturas del plástico, significando 9,50 m³ de sustratos fumigados con el mismo plástico.

- Según los análisis anteriores, el costo de desinfección de 1 m³ de sustrato con vaporización es de \$ 3.768 y con bromuro de metilo de \$ 5.400. Al existir menor oferta de bombonas de este fumigante, el costo de ellas aumentará considerablemente, y por lo tanto el costo de la desinfección del sustrato.
- Biofumigación: \$ 650.000/ha (se utilizan residuos vegetales generados en el predio o adquiridos a bajo costo).

En la situación con proyecto se evaluaron tres alternativas con los siguientes supuestos generales:

- A partir del año 2004, inició la evaluación de las diferentes tecnologías a nivel de agricultores en forma comercial.
- Las tres alternativas contemplan dos tecnologías: Alternativa 1, desinfección de suelos para almácigos y la segunda, incluye además la desinfección del suelo de los camellones de plantación.
- Se consideró e incluyó como una alternativa el uso de la biofumigación de suelos, tanto para almácigos y plantación, por ser

un sistema limpio e inocuo para el medio ambiente y para los productores, de fácil manejo, menor costo, y que no requiere equipos especiales para su aplicación, con excepción de un equipo picador del rastroyo, siendo la base para determinar los costos con proyecto.

- La evaluación se hizo en un horizonte de 15 años, para poder incluir algunos años en que no existirá disponibilidad de Bromuro de Metilo.
- La tasa de descuento anual utilizada es del 12%.
- La superficie influenciada por el proyecto será como máximo 120 ha.

Alternativa A: se asumió que no existían limitaciones para el uso del Bromuro de Metilo hasta el año 2015, y se inició la adopción con 1 ha el año 2005, para ir aumentando alrededor de 15 a 20 ha/año, llegando a 120 ha el año 11. Esta alternativa tiene un VAN de MM\$ 736 y una TIR de 46,53%.

Alternativa B: se asumió que a partir del año 2005 se generaría una reducción del consumo de 38,5%, en la superficie de impacto del proyecto, significando que a partir de ese año, 47 ha debían obligatoriamente adoptar tecnologías de reemplazo al Bromuro de Metilo, La tasa de adopción proyectada permite llegar a las 120 ha el año 10. El VAN con proyecto se calculó en MM\$ 927 y la TIR de un 56,86%.

Alternativa C: se asumió que a Chile se le exigiría la misma reglamentación de los países desarrollados, por lo que a partir del año 2005 la disponibilidad de bromuro de metilo sería menor, lo que obligaría al 100% de los productores a utilizar otros desinfectantes de suelo. En estas condiciones 120 ha deberían cambiar su sistema de desinfección de suelos, bajo este supuesto esta alternativa tiene un VAN de MM\$ 4.203 y una TIR de 264,68%.

Al momento de formular el proyecto, se estimó que la alternativa con mayor probabilidad de ocurrencia era la B, es decir que existiese una reducción de un 38,5% en la disponibilidad del Bromuro de Metilo a partir de año 1995, y bajo estas condiciones se evaluó el proyecto.

8.2 Actualización de supuestos y criterios

Superficie

En relación a la superficie destinada a tomates en invernadero en el sector de Colón, no hubo cambios en ella, ya que son los mismos productores los que cultivan la tierra. No hay grandes variaciones en la cantidad de agricultores que entran o salen de este sistema productivo, ya que se requiere un cierto grado de especialización en el cultivo bajo invernadero, por lo que se mantienen como potenciales las 120 hectáreas planteadas en la formulación original del proyecto.

Situación sin proyecto

Los productores que no han incorporado las tecnologías de desinfección de suelos validadas por el proyecto, continúan usando Bromuro de Metilo como desinfectante de suelos para la producción de plantines, por el costo del producto no fumigan los camellones donde cultivan el tomate, lo que mantiene los patógenos del suelo, y causan bajos rendimientos, no superando en promedio 7.000 cajones/ha.

Situación con proyecto

Entre los métodos evaluados en los diferentes módulos, el que demostró ser el más factible de utilizar y eficiente en la desinfección de suelos, es el uso del Metam-sodio complementado con aplicaciones posteriores de *Trichoderma*. Esta es tecnología que se está recomendando, ya que permite no sólo la desinfección de sustrato o área donde se pueden producir plantines, sino que es aplicable al camellón de plantación. Además, al incorporar *Trichoderma* se contribuye a repoblar el suelo con microorganismos no patógenos. Si el productor decide no desinfectar el camellón de plantación, y sólo desinfectar suelo para la producción de plantines, la alternativa menos contaminante y que se recomienda, es la vaporización del sustrato, cuyo costo promedio es de M\$ 12/m³ y se requieren aproximadamente 17 m³ para 1 ha (bolsas plásticas de 8 cm. de diámetro por 10 cm. de alto).

Con relación a los precios de venta obtenidos por el productor José Moya de la Unidad de validación N° 2, como es normal para este producto, fluctuaron de acuerdo a la época y a la calidad del tomate, como se indica en el **Cuadro 14**.

Cuadro 14. Precio de Venta del Cajón de tomate, según época de venta y calidades. Temporada 2005 - 2006.

Época de Venta	Primera + Segunda	Tercera	Cuarta	Rosco
Octubre	7.875	7.000	4.500	4.300
Noviembre, 1ª Quincena	7.725	6.725	4.150	3.775
Noviembre, 2ª Quincena	4.167	3.333	2.033	1.367
Diciembre, 1ª Quincena	3.650	3.100	1.550	1.525
Diciembre, 2ª Quincena	3.820	3.040	1.766	1.333
Enero	2.200	1.500	700	0

Obs: \$/cajón de 18 c.u.

Para la evaluación económica y efectos de compensar posibles efectos de variación de precios de venta, se consideró un 75% del precio informado por el productor.

La distribución de la producción por período de cosecha y calidad se indica en el **Cuadro 15**, basado en las evaluaciones de un módulo logradas en la temporada 2005-2006, para el tratamiento Metam-sodio y testigo.

La actualización de la evaluación económica se realizó en un horizonte de 5 años, tomando como base el año 2005, con 5 hectáreas iniciales, en las que se aplica la tecnología. La tasa de adopción en este caso debería ser rápida, ya que por disposición del SAG no se puede seguir importando Bromuro de Metilo en bombonas de 680 gr. y las existencias de éste se pueden vender sólo hasta diciembre del año 2006. No obstante a esta restricción, se consideró que se llega a la superficie objetivo del proyecto al quinto año.

Cuadro 15. Rendimiento de tomates (cajones/ha) de acuerdo a época de cosecha, tratamiento y calidad, temporada 2005-2006.

Tratamiento Período/ calidad	Metam sodio y Trichoderma					Sin desinfección de suelo				
	1ª y 2ª	3ª	4ª	Rosco	Total	1ª y 2ª	3ª	4ª	Rosco	Total
Octubre	313	235	143	170	861	131	33	12	10	186
Noviembre, 1ª Quincena	916	236	197	23	1.371	826	294	174	18	1.312
Noviembre, 2ª Quincena	1.582	256	156	54	2.048	1.155	308	194	62	1.718
Diciembre, 1ª Quincena	1.502	389	200	70	2.162	1.431	398	194	26	2.049
Diciembre, 2ª Quincena	1.556	350	326	0	2.232	1.598	440	311	7	2.355
Enero	100	33	36	0	169	184	78	79	0	341
Totales	5.969	1.499	1.058	317	8.842	5.324	1.551	963	122	7.961

Para el cálculo económico se consideró el costo total del proyecto, es decir el aporte FIA y de contraparte como Investigación Desarrollo el año 2005, el cual no se reajustó.

4.2.3. Análisis Económico Actualizado

De acuerdo a los criterios expuestos anteriormente se presenta la actualización del análisis económico, en el **Cuadro 16**.

La TIR con proyecto no se determinó, ya que no se genera el primer año un flujo negativo de fondos, razón por la cual se evaluó con la relación Beneficio/Costo, para lo cual se actualizó a la tasa de descuento de un 12%.

En el **Cuadro 17**, se presenta una comparación entre los parámetros económicos evaluados en la formulación inicial del proyecto y la actualización con datos provenientes de módulos demostrativos correspondientes a la temporada 2005-2006.

Cuadro 16. Análisis económico actualizado, abril 2006.

	Año				
	2005	2006	2007	2008	2009
Superficie total (Ha)	12	30	60	90	120
Ingresos sin proyecto (M\$)	289.757	724.392	1.448.783	2.173.175	2.897.567
Costos sin proyecto (M\$)	237.215	593.038	1.186.076	1.779.114	2.372.152
Ingresos netos sin proyecto (M\$)	52.541	131.354	262.707	394.061	525.415
Ingresos con proyecto (M\$)	340.776	851.940	1.703.881	2.555.821	3.407.762
Costos con proyecto (M\$)	250.257	625.642	1.251.284	1.876.926	2.502.568
Ingreso neto sin I&D (M\$)	90.519	226.298	452.597	678.895	905.194
I&D (M\$)	105.506				
Ingresos netos con proyecto (M\$)	-14.987	226.298	452.597	678.895	905.194
Ingreso incremental (M\$)	-67.528	94.945	189.889	284.834	379.779
Van con proyecto, (M\$)			547.070		
Tir			201,11 %		
Tasa de descuento			12,0 %		
Van sin proyecto (M\$)			887.184		
Van proyecto (\$)			1.434.254		
Van ingresos con proyecto (M\$)			5.754.141		
Van costos con proyecto (M\$)			4.225.685		
Relación b/c, con proyecto			1,36		

Cuadro 17. Comparación de parámetros de la evaluación económica inicial y actualizada (Abril 2006).

Parámetro evaluado	Evaluación	
	Original	Actualizada
VAN CON PROYECTO (M\$)	845.267	547.070
TIR	50,1%	201,11%
TASA DE DESCUENTO	12,0%	12,00%
VAN SIN PROYECTO (M\$)	1.454.956	887.184
VAN PROYECTO \$	2.300.223	1.434.254
VAN INGRESOS CON PROYECTO (M\$)	4.153.985	5.754.141
VAN COSTOS CON PROYECTO (M\$)	1.774.958	4.225.685
RELACIÓN B/C, CON PROYECTO	2,34	1,36
HORIZONTE DE EVALUACIÓN, AÑOS	15	5

No obstante, los cambios en la tecnología evaluada para la desinfección de suelos, los indicadores económicos muestran que la inversión realizada es rentable, aún frente a los cambios de precios, costos y horizonte de evaluación. Por otro lado las nuevas normativas sobre importación y comercialización del Bromuro de Metilo, deberían en el corto plazo, influir en una mayor tasa de adopción de las tecnologías evaluadas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de la información presentada en este boletín se puede concluir lo siguiente:

1. El reemplazo del bromuro de metilo es posible, aconsejable y necesario, pero de una forma que permita realizar una combinación de distintos métodos, productos y tecnologías, que llevarán finalmente a un manejo de plagas, insectos y malezas en aquellos suelos y sustratos usados para el establecimiento y crecimiento de las plantas de importancia económica y comercial.
2. Los resultados y la experiencia obtenida con la biofumigación, nos permite establecer que el material vegetal a incorporar, en particular de crucífera (como posterior elemento desinfectante de suelos), debe ser permanentemente humedecido, para facilitar su descomposición y eficiente liberación en el suelo de sustancias tóxicas en el control de hongos y nematodos, a través del sistema de riego por cintas. De no cumplirse esta situación, el proceso de descomposición se puede detener sin completarse, activándose nuevamente con el humedecimiento del suelo, cuando el cultivo de tomate esté establecido. Esto afectaría el crecimiento del cultivo, y en casos extremos ocasionaría pérdida de plantas. Esta técnica se recomienda sólo para plantación, porque es difícil controlar sus efectos fumigantes en la producción de plantas en almácigo.
3. La experiencia del uso de la vaporización, para la desinfección de suelos y sustratos, nos lleva a concluir que esta técnica es válida para la desinfección de sustratos en la producción de plantines de hortalizas en bandejas o bolsas, siendo una técnica limpia e inocua, que puede ser incorporada como una práctica habitual trabajando bajo un sistema de Buenas Prácticas Agrícolas.
4. El tiempo de desinfección de 1 m³ de sustrato alcanza a 1 hora, y en 24 horas después es posible comenzar a usarlo para el llenado

de bandejas y siembra de semillas. Esto, comparado con el uso de 1 bombona de bromuro de metilo en 2 m³, toma un tiempo de 10 a 12 días entre la aplicación del bromuro, tiempo de acción, ventilado, aireación del sustrato y siembra de la semilla, por lo cual la técnica de vaporización presenta una mayor eficiencia en términos del uso del tiempo y oportunidad de las labores de siembra de las bandejas de “speelding”.

5. El uso de la vaporización, para la desinfección de suelos en la producción de hortalizas bajo invernadero, no es una técnica recomendable por ser lenta, ineficiente y de alto costo. Un cultivo como flores de exportación, es posible que pueda incorporar esta técnica por su alta rentabilidad y en la eventualidad que tener exigencias de producción bajo normas de BPA sin uso de pesticidas.
6. El uso del Dazomet (Basamid) bajo las condiciones climáticas de mediados y fines de otoño, como de invierno, no lo hacen recomendable para la desinfección de suelos en los invernaderos de Colín, Región del Maule. Las bajas temperaturas favorecen la persistencia del producto en el suelo. Sin embargo, su uso como una alternativa al Bromuro de Metilo, puede ser óptimo si la desinfección de suelos se realiza a fines de verano o inicios de otoño.
7. Todos los parámetros determinados en la actualización de la evaluación económica muestran que la inversión realizada continúa siendo rentable, pese de haber modificado (entre otros factores), tanto, las tecnologías al momento de la formulación y la implementada en el transcurso del proyecto, como el horizonte de evaluación y los cambios de precios, siendo este último modificado tanto respecto del producto, como de los insumos.
8. La experiencia de dos temporadas de uso de Raizan 50 en las unidades de validación del proyecto, considerando la persistencia del producto en el suelo, permite recomendarlo para la desinfección de suelos a ser plantados con tomate bajo invernadero u otra hortaliza, como lechuga. Sin embargo, su uso se restringe para aplicaciones en presembrado o preplantación, no debiendo utilizarse, por ningún motivo, en cultivos ya establecidos.

9. Bajo las condiciones de temperatura de la comuna de Maule, Región del Maule, este fumigante puede ser aplicado, en forma líquida, sólo en los meses de verano, primavera y otoño, antes de la plantación o siembra, en suelo mullido, con una buena preparación de suelos, con una temperatura superficial (10 a 20 cm de profundidad) de 12 a 24°C y una humedad similar a la existente en el suelo al momento de transplantar plántulas de tomate. Se debe evitar aplicaciones entre los meses de mayo y mediados de agosto, por las bajas temperaturas de suelo que se registran en ese período. El productor debe tener la certeza de que la temperatura del suelo sea superior a 12°C y se mantenga a lo menos por 8 días, para conseguir que el producto gasifique en el suelo. Esta condición es fácil de verificar con la ayuda de un termómetro.
10. Una vez aplicado Metam-sodio en el suelo, los gases desinfectantes de este fumigante, que se generan en el interior de él pueden subir a la superficie y afectar cultivos vecinos, por lo cual en la eventualidad de existir plántulas en almácigo o bandejas, o algún cultivo establecido en las proximidades del sitio a fumigar, se debe mantener como mínimo una distancia de diez metros desde sus deslindes.
11. Una aplicación de Metam-sodio en meses de bajas temperaturas, puede ocasionar que el producto no gasifique adecuadamente y se mantenga en el suelo en forma líquida, posteriormente, gasificando cuando las temperaturas sean favorables, lo que podría afectar la siembra o plantación ya efectuada.
12. Para obtener un buen resultado de control con Metam-sodio, el producto debe permanecer activo en el suelo por un período mínimo de 8 a 12 días dependiendo de la época del año, y posteriormente ventilar el suelo, para realizar la plantación o siembra 18 a 22 días después de aplicado el fumigante. Si la temperatura del suelo ha permanecido cercana a los 12°C, debe prolongarse el tiempo de acción por una semana más, con el fin de asegurar un adecuado control y eliminación del efecto biocida.

13. Antes de plantar o sembrar es recomendable siempre, evaluar la persistencia del producto Metam-sodio en el suelo, a través de prueba de germinación de semillas de lechuga. Para ello se toman tres a cuatro sub muestras de suelos a una profundidad de 15 a 20 cm., las cuales pasan constituir una muestra que se deposita en el interior de un frasco conservero de 1 kilo. Luego, se siembran de 10 a 15 semillas de lechuga, las que deben germinar al cabo de 5 a 6 días, si no persiste el producto en el suelo. En caso contrario, se debe repetir la prueba hasta que se alcance una germinación cercana al 100%.
14. Las dosis de ingrediente activo recomendadas son de 80 a 120 cc/cm² (0,08 a 0,12 L m⁻²) de suelo efectivamente cultivado. Con bajos niveles de infestación de hongos, nematodos o insectos, se pueden aplicar dosis bajas a medias (80 a 100 cc/m²). Por el contrario, con altos niveles de infestación, se requiere dosis mayores (120 cc m⁻² o más). Un seguro y adecuado control de malezas se alcanza con dosis de 120 cc/m².
15. En suelos livianos o arenosos, o con presencia de piedras, se puede usar una dosis baja a media de Metam-sodio (80 a 100 cc/m²) como Colón. En cambio, en suelos más pesados o arcillosos, como los del sector de Unihue, la dosis debiera ser media a alta (100 a 120 cc/m²).
16. Nunca se debe lavar los equipos utilizados en la aplicación de este producto en cursos de agua, sean naturales o artificiales, dado a que sus residuos son tóxicos para la vida de los peces o animales que puedan beber de ella.
17. En invernaderos, es recomendable que las aplicaciones de Metam-sodio se realicen a través del riego por cintas. En los camellones donde posteriormente se van a establecer las plántulas de tomate, se localizan las cintas de riego, y una vez hecho esto, se cubre y sella el camellón con plástico polietileno, para evitar pérdidas de producto en su proceso de gasificación.

18. Al momento de aplicar el producto en invernaderos, es necesario regar previamente por un tiempo aproximado de 1 hora, para crear un bulbo de riego en cada punto de goteo de la cinta y, posteriormente, realizar la aplicación del producto inyectándolo a través del sistema de riego.
19. Una vez finalizada la aplicación, se debe hacer circular agua por un tiempo de 15 a 20 minutos para lavar el sistema de riego, y así evitar acumulaciones de producto que puedan afectar la plantación posterior.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bello, A.; Escuer, M.; Sanz, R.; López-Pérez, J. A.; Guirao, P. 1997. Biofumigación, nematodos y bromuro de metilo en el cultivo del pimiento. *In: Posibilidad de Alternativas Viabiles al Bromuro de Metilo en Pimiento de Invernadero*. Consejería de Medioambiente, Agricultura y Agua, Murcia, España, p. 67-108.
- Bello, A. y Melo M. 1998. Reducción de las poblaciones de nematodos con técnicas alternativas al bromuro de metilo. *In: Memoria de actividades 1998. Resultados de Ensayos Hortícolas*, Generalitat Valenciana, Fundación Caja Rural de Valencia, p. 347-350.
- Bello, A. y Miguél E. 1998a. Control nematodos por biofumigación. *In: Memoria de Actividades 1998, Resultados de Ensayos Hortícolas*, Generalitat Valenciana, Caja Rural de Valencia, p. 351-352.
- Bello, A.; E. Miquel. 1998b. Control nematodos por biofumigación en cultivo de col china. *In: Memoria de Actividades 1998, Resultados de Ensayos Hortícolas*, Generalitat Valenciana, Caja Rural, Valencia, p. 353-352.
- Bello, A.; López-Pérez, J.; Díaz-Viruliche, L.; Tello, J. 2000. Alternativas al bromuro de metilo como fumigante del suelo en España. *In: Labrada (Ed.) Report on Validated Methyl Bromide Alternatives*. FAO, Rome, 13 p.
- Bello A., J.A. González, M. Arias, R. Rodríguez-Kábana. 1998. Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries. Phytoma-España, DG XI EU, CSIC, Valencia, Spain, 404 pp.
- Braga, R.; Labrada, R.; Fornasari, L. y Fratini, N. 2003. Manual para la Capacitación de Trabajadores de Extensión y Agricultores - Alternativas al Bromuro de Metilo para la Fumigación de los Suelos. FAO y PNUMA. Disponible en la pagina WEB: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y1806S/y1806s00.htm#Contents>

- Carrasco, J.; González, S.; Lundstedt, J.; Fernández, S. y Silva, L. 2006. Capítulo 8. Tecnologías alternativas al Bromuro de Metilo para desinfección de suelos y sustratos. En: González (Ed.) Bromuro de Metilo: Un fumigante en retirada. Santiago, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie Libros INIA N° 20:121 -156.
- Carrasco, J.; Riquelme, J.; Torres, A. y Pasten, J. 2005. Vaporización de sustratos para la producción de plántulas de especies hortícolas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA – Raihuén, Talca, Chile. Cartilla Divulgativa, 8 p.
- Carrasco, J. y Riquelme, J. 2004. Biofumigación de suelos para almácigos y plantación. Cartilla Divulgativa INIA-Raihuén. 8 p.
- Carrasco, J.; Pastén, F.; Droguette L.; y Olavarría, J. 2002a. Alternativas Químicas. En: Alternativas al Bromuro de Metilo para la desinfección de suelos en tomate y pimiento. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. San Fernando, Chile. Boletín INIA N° 88. p. 57-67.
- Carrasco, J.; Pastén, J.; Olavarria, J.; y Rojas, E. 2002b. Alternativas Físicas. En: Alternativas al Bromuro de Metilo para la desinfección de suelos en tomate y Pimiento. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. San Fernando, Chile. Boletín INIA N° 88. p. 69-78.
- Cebolla V.; R. Bartual; A. Giner; J. Busto; F. Pomares; S. Zaragoza; J.J. Tuset; P.Caballero; M. Mut; B. Cases; M.D. de Miguel; P. Fombuena; J.V. Maroto; A. Miguel; J.L. Porcuna. 1999. Chemical and non chemical alternatives to methyl bromide in the area of Valencia. *3rd International Workshop Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries*. p. 7-10 December, Creta (Greece), p. 141-145.
- COLINTOM A.G. 2002. Diagnóstico. Informe interno de la Corporación FPP Sur, Talca. 40 p.

- García, S.; F. Romero; J. J. Sáez; A. de Miguel; C. Monzó; V. Demófilo; M. Escuer; A. Bello. 1999. Problemática de la replantación de melocotoneros en terrenos arenosos en la comarca de La Rivera (I). *Comunitat Valenciana Agraria* 13, p. 43-49.
- Lacasa A., P. Guirao, M.M. Guerrero, C. Ros, J.A. López-Pérez, A. Bello, P. Bielza. 1999. Alternatives to methyl bromide for sweet pepper cultivation in plastic greenhouses in south east. 3rd International Workshop Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries. 7-10 December, Creta (Greece), p. 133-135.
- Mastalerz, J. 1977. *The Greenhouse Environment. El effect of environmental factors on the growth and development of flower crops.* John Wiley and Sons, New York, USA, 637 p.
- Melgarejo, P.; De Cal, A.; Salto, T.; Martínez-Beringola, M.L.; Martínez-Treceño, A.; Bardón, E.; Palacios, J.; Becerril, M.; Medina, J.J.; Clavero, I.; Gálvez, J. y López -Aranda, J.M. 2001. El problema de la Prohibición del Bromuro de Metilo Como Fumigante de Suelos Agrícolas Resultados sobre algunas alternativas para viveros de fresa en España. *Terralia Año5 Número 20*: 20-29.
- Pizarro, Marta. 2001. *Floricultura y Medio Ambiente Producción de Flores sin Bromuro de Metilo.* Publicación de la Naciones Unidas. ISBN 92-807-2082-1. Disponible en la agina Web: <http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/3546-s.pdf>
- 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.
- Vázquez Minguela, Jesús. 2003. *Aplicación de Productos Fitosanitarios Técnicas y Equipos.* Ediciones Aerotécnicas, S.L. Madrid. España. 391 p.