

DESINFECCION DE SUSTRATOS CON VAPOR

Daniel E. Morisigue

MARZO 2003



Centro Tecnológico de
Flori -Fruti -Horticultura



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

DESINFECCION DE SUSTRATOS CON VAPOR

Daniel E. Morisigue

MARZO 2003



Centro Tecnológico de
Flori -Fruti -Horticultura



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Marzo 2003

Editorial JICA-CETEFFHO

Protegidos todos los derechos

Hecho el depósito que indica la ley 11.723

ISBN: 987-98829-2-X

Registro de la propiedad intelectual en trámite

Fotos: corresponden al Autor

Todos los derechos reservados: esta publicación no se puede reproducir, almacenar o transferir de forma alguna, total o parcialmente por ningún medio mecánico, eléctrico, gráfico o cualquier otro, incluyendo cualquier sistema de fotocopia o reimpresión. La editorial no se responsabiliza por los conceptos volcados en la presente edición.

Impreso en Argentina -Printed in Argentine

EDITORIAL Dr. Ricardo Rojas 401, Piso 8°
JICA-CETEFFHO C1001AEA - Buenos Aires
Tel.: 4313-8901 - Fax: 4313-5778

P R O L O G O

La desinfección de sustratos y suelos con vapor es tal vez la técnica más antigua que se conoce, pero posteriormente alternativas más sencillas y de menor costo la fueron reemplazando. Sin embargo, luego de comprobarse el impacto ambiental negativo de muchas de ellas, la desinfección con vapor vuelve a ser la alternativa más viable desde el punto de vista ambiental, técnico y económico.

En CETEFFHO se viene utilizando desde sus principios, hace alrededor de 25 años, la cual se describe en el presente manual.

Las recientes medidas tendientes a reducir el uso del bromuro de metilo en el corto plazo y especialmente el nuevo escenario económico a partir del año 2002, que provocó un fuerte impacto en los costos del mismo, hicieron que el tema de la desinfección con vapor fuera uno de los más requeridos dentro de las consultas que se reciben diariamente en el CETEFFHO.

Para satisfacer esa demanda de parte de los productores de flores y plantas ornamentales se ha preparado el presente manual. También es mi deseo que sea de utilidad para los técnicos y profesionales relacionados con el sector.

Ing. Agr. Daniel Morisigue

CETEFFHO – INTA

I N D I C E

PROLOGO

I. Introducción general	1
II. Desinfección con vapor	
1. Introducción	6
2. Temperatura y duración del efecto del vapor y su poder desinfectante	8
3. Daños fisiológicos por el efecto del vapor	12
4. Descripción de la forma de desinfección con vapor en CETEFFHO	16
BIBLIOGRAFIA	22

I. INTRODUCCION GENERAL

La desinfección de suelos y sustratos tiene como objetivo disminuir la población de patógenos y plagas que afectan al cultivo, a niveles de daño económicamente aceptables.

A lo largo de la historia de la agricultura, especialmente en cultivos intensivos se han desarrollado numerosos métodos de desinfección, algunos de los cuales son los siguientes:

Alternativas no químicas:

- Solarización: usa el calor solar bajo un film plástico para desinfectar; acotado al verano y en zonas de altas temperaturas; la eficacia es función de la intensidad y duración de la radiación, temperatura del aire, humedad del suelo, propiedades del film y propiedades del suelo: como textura y materia orgánica.
- Biofumigación: uso de gases producto de la biodegradación de la materia orgánica.
- Uso de sustratos sin suelo
- Vapor
- Control biológico: son específicos, no agresivos al medio ambiente, no controlan malezas ni nematodos.
- Prácticas culturales: injerto, variedades resistentes, rotación de cultivos

Alternativas químicas: tienen la ventaja del bajo costo relativo respecto a otras alternativas, pero la mayor desventaja es que con frecuencia son tóxicos y el material tratado debe dejarse reposar un período antes de ser usado.

1) fumigantes de suelo

- 1 cloropicrina: es un gas lacrimógeno, en muchos países esta prohibido pues es considerado arma de guerra. Es efectivo contra hongos e insectos, no así para nematodos. Se debe dejar ventilar hasta 4

semanas, según tipo de suelo o sustrato.

2. formaldehído: comercialmente conocido también como formalina. Se debe dejar ventilar hasta 6 semanas.
3. bromuro de metilo: tiene acción insecticida, funguicida, nematicida y control a semillas de malezas. Se debe dejar ventilar hasta 10 días.
4. metam sodio (VAPAM): tiene acción insecticida, funguicida y nematicida. Tratamiento dura de 2-4 semanas.
5. dazomet: similar al metam sodio.

2) funguicidas de suelo

6. benomilo (Benlate): control de fusarium, rhizoctonia, thielaviopsis.
7. clorotalonil (Daconil): acción supresiva sobre rhizoctonia.
8. etridiazol
9. fosetyl aluminio (Aliette): control sobre phytophthora.
10. furalaxyl: control sobre phytophthora y pythium.
11. iprodione (Rovral): rhizoctonia, sclerotinia y botrytis.
12. metalaxyl: pythium y y phytophthora.
13. propamocarb: acción sobre ficomicetes.
14. quintozene, PCNB (Penclor): rhizoctonia, sclerotinia.

Hay materiales empleados como sustratos, que por su naturaleza u origen pueden ser considerados libres de patógenos. Tales materiales como perlita y vermiculita que durante su proceso de elaboración han sido sometidos a altas temperaturas han sido virtualmente esterilizados.

De todos los métodos anteriores, el uso del bromuro de metilo es tal vez el mas extendido. Por ejemplo en la producción de flores para corte del Gran Buenos Aires, lo utiliza el 72,5% de los productores de flores para corte y el 89,8% de los productores de plantas en macetas (Morisigue y otros, 2002).

A principios de la década de los ochenta se descubrió que hidrocarburos halogenados estaban implicados en la destrucción de la capa de ozono, luego se comprobó que el bromuro de metilo también estaba involucrado y comienza a nivel mundial un plan para disminuir su uso y buscar alternativas para reemplazarlo. Para ello, se han desarrollado numerosos proyectos e investigaciones en varios países, especialmente en aquellos en donde el consumo de este gas es alto. La Argentina ha suscripto los convenios internacionales por los cuales se ha acordado la Protección de la capa de ozono (Convenio Viena 1985, Protocolo de Montreal 1987, enmiendas Londres 1990, Copenhagen 1992 y Viena 1995). Al formar parte del grupo de países del Protocolo de Montreal se ha comprometido a sustituir gradualmente el bromuro de metilo como fumigante de suelo hasta su eliminación total en el año 2015. Para tal fin se han realizado varios ensayos dentro del marco del Proyecto MP/ARG/97/186, con la participación del INTA, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata y el Ministerio de Agricultura, Ganadera y Alimentación de la Provincia de Buenos Aires. (Zembo y otros, 2000)

El bromuro de metilo es un fumigante usado para el control de artrópodos, nematodos, patógenos y malezas presentes en el suelo. La eficacia del mismo, su fácil aplicación, el amplio espectro de control y el relativo bajo costo hacen que sea difícil de reemplazar.

No ha sido ni es todavía sencillo encontrar una alternativa para sustituir al bromuro de metilo. Muchas de estas alternativas (métodos no biológicos, enmiendas orgánicas, control biológico, prácticas culturales, métodos físicos y químicos) deberán ser encaradas dentro de un plan integral de manejo para su efectividad técnica y económica. Decidir la más adecuada depende del patógeno problema, cultivo y zona geográfica. No todas tienen la misma eficacia que el bromuro, pero igualmente son efectivas desde el punto de vista técnico y económico. En el corto plazo, tal vez las alternativas químicas proveerán el mejor control, pero en el largo

plazo las alternativas no químicas serán más sustentables. Aunque ahora existan diferencias económicas, estas alternativas serán seguramente viables en el largo plazo (Bello y otros, 2001).

Muchas de las alternativas que se ofrecen no permiten conseguir los resultados esperados cuando son aplicados en otras regiones, por lo que se hace necesario el ajuste a las condiciones locales.

Por último, independientemente de la alternativa elegida para desinfectar suelos o sustratos, es importante tener en claro el concepto de manejo integrado de plagas y enfermedades; el control debe efectuarse tomando en cuenta los diferentes factores que inciden en un cultivo y no tomarlo como algo puntual, para ello deben considerarse los siguientes aspectos: (Pizano, 2000)

- MONITOREO:

- . recurso humano: personal entrenado que pueda detectar los problemas en estadíos iniciales.
- . mapeo: identificación de las áreas afectadas (foco) dentro del cultivo.
- . registro de información: permite establecer el nivel de daño
- . resultados y decisiones: cuando y donde se justifica aplicar un pesticida.

- CONTROL CULTURAL:

- . erradicación de malezas que actúan como hospedantes alternativos.
- . tratamiento inmediato de focos de enfermedad.
- . buena ventilación (reduce por ejemplo enfermedades causadas por hongos)
- . correcto mantenimiento de invernaderos: cubiertas, cortinas, etc...

- . erradicación o procesamiento de desechos vegetales que puedan actuar como reservorios de patógenos y plagas.

- CONTROL FISICO
 - . trampas para insectos para reducir y monitorear poblaciones.
 - . mallas y otras barreras que restringen la entrada de insectos a los invernaderos.
 - . aspiradoras para atrapar Insectos voladores.
 - . desinfección del suelo o sustrato con vapor (pasteurización).
 - . tráfico restringido entre invernaderos (especialmente entre zonas enfermas y sanas).
 - . desinfección de calzados, herramientas y otros.

- CONTROL BIOLÓGICO
 - . material vegetal sano.
 - . biopesticidas.
 - . agentes de control biológico
 - . variedades resistentes
 - . incorporación de compost y/o microorganismos benéficos al suelo.
 - . películas plásticas sobre el suelo (mulching) para control de malezas y algunas plagas de suelo.

- CONTROL QUÍMICO
 - . fumigantes de suelo y otros pesticidas.

II. DESINFECCION CON VAPOR

1. Introducción

Si es llevado a cabo apropiadamente, el vapor es probablemente la mejor alternativa frente al Bromuro de metilo. Esta técnica, fue descubierta en Alemania en el año 1888 y fue usada comercialmente por primera vez en Estados Unidos en 1893. Se ha venido usando por décadas, antes del surgimiento de los actuales fumigantes, incluso el bromuro de metilo, los cuales por su menor costo relativo y simplicidad la reemplazaron.

El costo de desinfección es similar respecto a los fumigantes, con la ventaja de que no es necesario esperar más de 30 días para su uso, esto implica tener un mes más de producción en el año. Además, por ejemplo, los floricultores colombianos han encontrado que las plantas crecen mas parejas y vigorosas e incluso han logrado cultivar clavel en el mismo suelo por mas de 20 años, con pérdidas del 2-3% (Pizano, 2000).

Hay que diferenciar entre esterilizar y desinfectar un suelo o sustrato. En el primer caso, significa destruir todo tipo de microorganismos, tanto perjudiciales para las plantas como los benéficos; lo cual implica que en el caso de haber una reinfestación de microorganismos patógenos, se puede llegar a niveles superiores previos a la desinfección. En el caso de la desinfección, implica disminuir el nivel de los microorganismos perjudiciales a niveles aceptables de daño desde el punto de vista económico. No tiene sentido y en la práctica es imposible esterilizar un sustrato (Konishi, 1980).

La desinfección con calor seco se usa muy poco, pues es grande el daño que provoca en las características físicas del suelo o sustrato.

Ventajas del Vapor:

- El sustrato se puede usar casi en forma inmediata, una vez enfriado el

mismo. Otras alternativas necesitan un período relativamente largo para eliminar gases tóxicos.

- La técnica del vapor se puede llevar a cabo cerca de plantaciones, sin perjuicio para las mismas.
- En muchos casos por la acción del vapor, se mejora la agregación de las partículas, por lo que redundará en una mejora de las características físicas.

Entre las desventajas, están:

- necesidad de una inversión inicial relativamente alta.
- Lograr ajustar la forma de desinfección para evitar efectos fitotóxicos posteriores.

Numerosas variables influyen en su efectividad:

- caldera y sistema de conducción del vapor
- preparación del sustrato
- temperatura del vapor
- duración del efecto del vapor

Los problemas asociados con el vapor, si esta técnica es mal ejecutada son:

- Acumulación de sales solubles: en un trabajo del Proyecto MP/ARG/97/186, (79) la desinfección con vapor incrementó la salinidad al igual que el suelo tratado con metam sodio, sin embargo la alcalinización medida en RAS (Relación de adsorción de sodio) no se diferenció significativamente de otros tratamientos que incluían solarización, dazomet y bromuro de metilo.
- toxicidad por amonio
- recontaminación: las cuales pueden controlarse siguiendo algunas indicaciones como: uso de material vegetal sano, minimizar los focos de contaminación del suelo o sustrato, agregar compost u organismos benéficos como *Trichoderma* al suelo.

2. Temperatura y duración del efecto del vapor y su poder desinfectante

Usualmente es difícil precisar la temperatura que produce la muerte a un organismo vivo, pues es afectado por varios factores, siendo 3 los principales (Bunt):

- la forma en que esta presente el patógeno (formas latentes o poco activas como pupas, huevos son ligeramente mas resistentes al calor que los estadios activos).
- tipo de calor aplicado (calor húmedo es mas efectivo que calor seco).
- duración del calor aplicado.

Según los autores, los datos sobre temperatura y duración del tratamiento con vapor en una desinfección de suelos o sustratos varían, lo que habla de la importancia de la forma de ejecución del mismo para lograr el efecto esperado.

Según Konishi (Figura 1), la mayoría de los microorganismos patógenos mueren por acción del vapor a 60°C, durante 30 minutos. Con 45°-50°C por más de 12 horas también se logra el mismo efecto. Cuanto mayor es la temperatura, con menos tiempo se logra el efecto desinfectante, a 80°C basta con 10 minutos, aunque hay microorganismos resistentes al calor. En el caso de las bacterias nitrificadoras mueren a 70°C por 30 minutos, mientras que las bacterias amonificadoras resisten hasta 100°C.

En el caso de la desinfección con vapor, normalmente el sustrato alcanza temperaturas de 95°-100°, a esta temperatura con 10 minutos se controlan casi todos los microorganismos patógenos, si se excede este tiempo, se afectan los microorganismos benéficos, muchos de ellos antagonistas naturales de los microorganismos patógenos.

Según Bunt, las temperaturas y tiempos recomendados son los siguientes

49°C, 10 minutos para nematodos

50°C, mayoría de hongos, aunque algunos requieren 82°C, 10 minutos

66°C insectos y babosas, 10 minutos

77°C mayoría de semillas de malezas, 10 minutos; algunas malezas resisten los 100°C, trébol y oxalis sobreviven las semillas a 82° C por 10 minutos, solo a 100°C se inhibe la germinación de oxalis.

	°C	
bacterias amonificadoras	100	semillas malezas resistentes
		virus resistentes
	90	
	80	mayoría semillas malezas
bacterias nitrificadoras	70	mayoría bacterias
		mayoría virus
		insectos de suelo
	60	mayoría hongos patógenos
		fusarium, botrytis
		rhizoctonia, nematode
	50	

Figural: Temperatura a la que mueren diferentes microorganismos, sometidos a la acción del vapor durante 30 minutos (Konishi, 1980)

El calor latente contenido en el vapor es el que da el poder desinfectante. Cuando entra en contacto con las partículas del suelo, pasa al estado líquido, liberando el calor latente, provocando de esa manera la desinfección. El vapor a presión atmosférica tiene una temperatura de 100°C y 2.257 kJ / kg de vapor de calor

latente; cuando el vapor es generado bajo presión, por ejemplo, con una caldera, la temperatura de ebullición aumenta, con un aumento también del calor sensible, pero con un descenso del calor latente. Por ejemplo, vapor a 4 bares o 400 kPa de presión tiene una temperatura de 152° C, con 640,7 kJ / kg de calor sensible y 2.108,1 kJ / kg de calor latente. Con lo que a mayor presión, disminuye el poder desinfectante, pero ello es no significativo respecto a la ventaja de usar vapor a presión, que tiene las siguientes ventajas:

- permite inyectar el vapor por cañería desde la caldera hasta el sustrato
- el vapor es mas "seco" y esto es importante en la desinfección, pues un vapor húmedo condensa rápidamente en contacto con el sustrato, formándose zonas con exceso de agua que afecta físicamente al sustrato.

Para una eficaz desinfección con vapor, una vez que penetra al sustrato debe trasladarse lo más rápido posible para lograr la temperatura de desinfección y en forma uniforme en todo el sustrato. Se forma una franja de alrededor de 2 cm que va avanzando a medida que el sustrato llega a la temperatura del vapor y de esta manera se produce la desinfección. Cuando se logra la temperatura de 95° -100° C, dejar actuar 10 minutos, detener la inyección de vapor y enfriar rápidamente el sustrato.

Los principales factores que determinan la cantidad de vapor requerido para desinfectar son:

- la capacidad de calor del sustrato
- la eficiencia térmica del sistema generador del vapor
- la temperatura previa del sustrato

El suelo seco tiene un calor específico de 0,837 j / g.°C y la humedad del mismo 4.186 j / g.°C, por lo que un sustrato seco requerirá 1/5 del calor requerido por uno húmedo. Para fines prácticos, se toma como referencia para sustratos 80 kg de vapor / m³, si consideramos una eficiencia del 80% para una caldera nueva, se

requieren 104 kg de vapor.

El suelo o sustrato es una mezcla compleja, donde participan componentes muy variados, que hace difícil calcular el contenido de humedad, la densidad y el calor específico (calor necesario para aumentar la temperatura), por lo que el siguiente cálculo de la cantidad de vapor requerido es aproximado y a modo de referencia (Konishi, 1980):

- . densidad partícula suelo: 1,5
- . calor específico partícula suelo: 0,2 kcal/kg. °C
- . humedad del suelo: 15%
- . temperatura del suelo: 15°C
- . temperatura de desinfección: 95°C

Con estos datos, el calor específico de este suelo con 15% de humedad es de 0,35 kcal/kg °C.

Para llevarlo de 15°C a 95 °C, este suelo necesita 46.200 Kcal/m³,
el vapor a 100° libera 624 kcal/kg por lo que
la cantidad de vapor para llevar 1 M³ de suelo de 15° a 95° es:

$$46.200 \text{ Kcal/m}^3 / 624 \text{ kcal/kg} = 74.04 \text{ Kg/m}^3$$

por lo tanto, para aumentar la temperatura a 95°, se necesitan 74 kg de vapor por m³.

Con esta fórmula, se puede apreciar el efecto de la humedad del sustrato, ya que incide directamente en el calor específico del suelo.

A este valor teórico, debido a las pérdidas que puede haber en el sistema de conducción del vapor, se debe agregar un 15% mas para obtener el rendimiento esperado de la caldera.

Por ejemplo, si el lugar para desinfectar tiene una profundidad de 20cm, y se requieren 80 Kg/m³, se necesitarán 16 kg / m² de vapor. Si la caldera rinde 500 kg/hora, en una hora se pueden desinfectar 31 m².

En este tipo de desinfección, es un error creer que cuanto mas presión de vapor se aplique, mejor será la desinfección. La presión del vapor dentro del sustrato

deberá ser menor a $0,15 \text{ Kg/cm}^2$, pues hay que buscar que el sustrato absorba el vapor. El sustrato tiene una capacidad limitada de absorber el vapor, por lo que si la presión hace que el vapor tenga una velocidad mayor a la que puede absorber el sustrato, gran parte del vapor se eliminará del sustrato.

La capacidad de absorber vapor del suelo está calculada en $90 \text{ Kg/m}^2 \text{ hora}$ ($1,5 \text{ Kg/m}^2 \text{ minuto}$); si la caldera rinde 500 kg/hora , de este valor se desprende que la superficie mínima a desinfectar por vez es de $5,6 \text{ m}^2$; de lo contrario lo más probable es que se infle la cobertura, lo que indica que se está escapando parte del vapor sin desinfectar.

Por el contrario, si la superficie es demasiado extensa, llevará más tiempo alcanzar la temperatura, por lo que puede llevar a una excesiva desinfección.

Concluyendo, si la caldera es de 500 kg/hora , se podrá desinfectar 6 m^2 por vez; en este caso, con una profundidad de 20 cm , llevará $0,19 \text{ horas}$ desinfectar, que equivale a 12 minutos .

Otra alternativa es la mezcla de vapor y aire. Hay varios motivos para aconsejar el uso de vapor con menos de 100°C :

- a menor temperatura, se reducen los cambios biológicos, especialmente resultan menos perjudicados los microorganismos benéficos.
- a menor temperatura, se minimizan cambios en la materia orgánica y las formas de los nutrientes minerales, especialmente se liberan menos amonio y manganeso.
- se requiere menos calor y ello redonda en los costos

En este caso, se adiciona una turbina al circuito del vapor y se regula de tal manera que la mezcla es de 1 parte de vapor y 4 de aire, lográndose una temperatura de $60^\circ - 70^\circ\text{C}$, la cual se debe dejar actuar durante 30 minutos .

3. Daños fisiológicos por el efecto del vapor

Algunas de las consecuencias negativas para la planta que pueden presentarse por la desinfección con vapor son:

- crecimiento inicial tardío y lento

- amarillamiento y hasta detención del crecimiento

Generalmente, en estos casos, 3 son las principales causas:

- aumento de las sales solubles
- exceso de amonio
- aumento a niveles tóxicos de algunos elementos metálicos.

Es conocido que sustancias tóxicas para las plantas pueden ser liberadas cuando la desinfección por vapor esta mal ejecutada.

Dentro de estas sustancias, algunas detectadas son las formas amoniacales del nitrógeno (Gráfico 1), especialmente cuando se desinfecta a 100°C, las bacterias nitrificadoras son destruidas, por lo que en el corto plazo hay una acumulación de amonio.

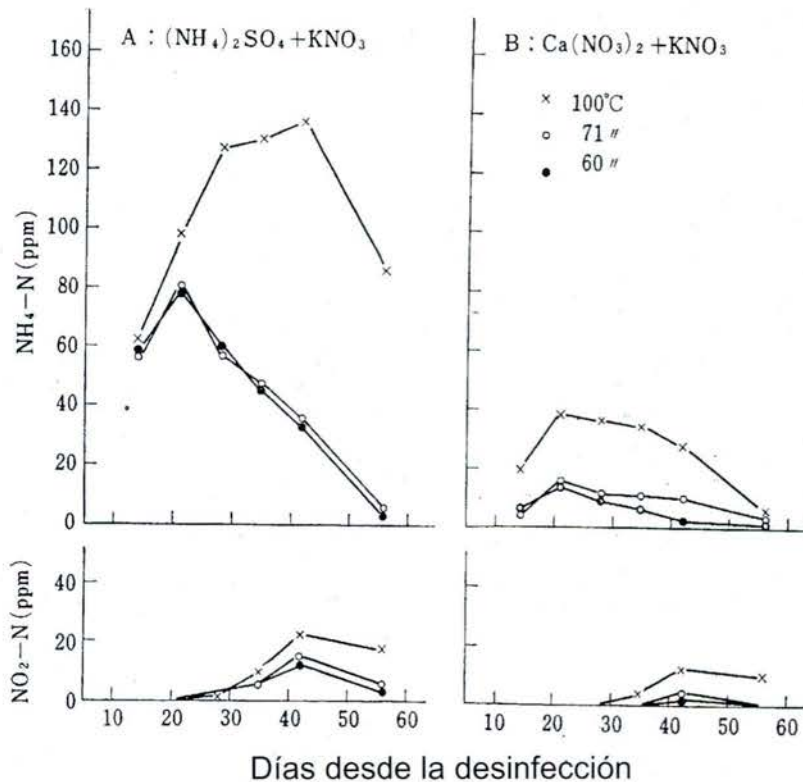


Gráfico 1: relación entre la temperatura de desinfección y el nivel de nitrato y amonio del suelo. A: fertirriego a partir 7º día de la desinfección.

B: idem A, pero cambiando los fertilizantes.

Extraído de Konishi, (White, 1971).

Se sabe que altas concentraciones de amonio y amoníaco son tóxicas para las plantas, además con pH menor de 6 es poco el amoníaco libre, pero por efecto de la desinfección con vapor se produce un bloqueo en el ciclo del nitrógeno que puede llevar a una acumulación de amonio. Esto se puede agravar aún más si se está fertilizando con formas nitrogenadas orgánicas; incrementando el pH que puede llevar a su vez a liberar amoníaco al medio.

También la forma nitrito del nitrógeno puede llegar a acumularse a niveles tóxicos luego de la desinfección con vapor, pues especialmente a 100° solo sobreviven las bacterias amonificadoras, destruyéndose las bacterias que convierten el nitrito en nitrato.

Componentes solubles orgánicos también pueden aumentar a niveles tóxicos luego de la desinfección con vapor.

Además de los componentes nitrogenados, también se incrementa la solubilidad de varios minerales como el calcio, zinc, potasio, cobre, aluminio y manganeso. De estos, el manganeso es el más importante desde el punto de vista de la fitotoxicidad (Gráfico 2). Normalmente el manganeso está presente en formas inertes o poco solubles en el suelo o sustrato, pero con la acción del vapor pasa a formas solubles o de fácil disponibilidad, llegando a niveles fitotóxicos. Luego de la acción del vapor, el manganeso vuelve a las formas iniciales por la acción de bacterias, pero esto es lento, especialmente si el pH es bajo. Todo el ciclo del manganeso varía con el pH, si este es bajo aumenta la cantidad de manganeso soluble respecto a mayores valores de pH, por lo que para minimizar el efecto del manganeso un pH entre 6,0 y 6,5 antes de desinfectar, ayudará a disminuir el riesgo del manganeso soluble.

Otro elemento que también se ha visto que aumenta su disponibilidad con la acción del vapor es el aluminio, con características similares al manganeso.

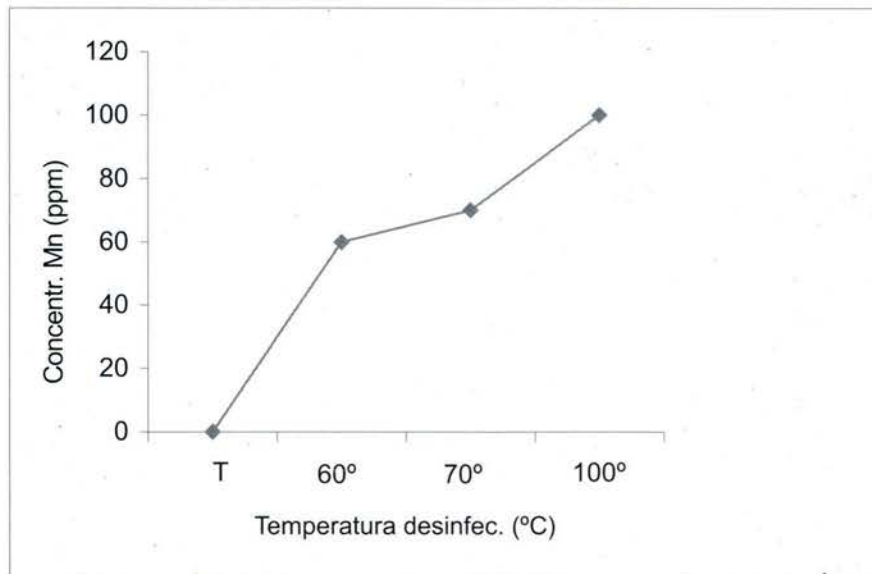


Gráfico 2: Manganoso soluble e intercambiable y su relación con la temperatura de desinfección. Medido a los 2 días de la desinfección. T: testigo sin desinfectar.

Extraído de Konishi (White, 1971).

Con las siguientes reglas se pueden asegurar los beneficios y minimizar los riesgos de la desinfección a vapor :

- antes de desinfectar con vapor un sustrato nuevo y desconocido, evaluar los efectos negativos del nitrógeno y manganoso con plántulas sensibles como el conejito.
- el sustrato a desinfectar debe estar flojo y esponjoso para que el vapor pueda distribuirse rápida y uniformemente.

Asegurar que el sustrato esté relativamente seco y también el vapor esté "seco", ya que si el sustrato y/o el vapor están húmedos, esto provocará cambios físicos en el sustrato que lo pueden llegar a ser inutilizable. Además éste absorberá más calor, lo que puede llegar a provocar un rápido pasaje del vapor al estado líquido, formando una capa que impide el avance del mismo.

- Calentar rápidamente el sustrato (menos de 10 minutos), dejar actuar el vapor otro tanto y luego remover el sustrato y enfriar rápidamente.
- Asegurar un pH entre 6,0 y 6,5; no agregar grandes cantidades de fertilizantes orgánicos, especialmente nitrogenados.
- Si el sustrato desinfectado ha de ser almacenado por largo período, mantener en un ambiente de baja temperatura y relativamente seco, para minimizar los cambios biológicos.
- Baja temperatura del vapor mezclado con aire minimiza los riesgos de toxicidad, pero el período del tratamiento debe ser ajustado a la temperatura para un buen efecto. Se recomienda entre 60° y 71°C por 30 minutos.
- el tamaño de las partículas debe ser menor a los 4 cm. En el caso de las partículas grandes, es preferible que estén distribuidas en el interior de la mezcla y no en la parte superficial, de lo contrario la mezcla no llega a tomar calor y queda sin desinfectar.
- hay que asegurar que el vapor avance rápido por el sustrato, de lo contrario, queda una parte expuesta demasiado tiempo al calor, con el consiguiente riesgo de daños fisiológicos futuros, como ya se citó anteriormente.

4. Descripción de la forma de desinfección con vapor en CETÉFFHO :

Algunos de los métodos mas usados en diferentes partes del mundo son:

Para flores de corte:

- placa móvil
- plancha de púas móvil, se cubre con film
- caños perforados enterrados, se cubre con film
- caño perforado móvil, se cubre con film

Para plantas en macetas:

- plancha de púas, se apoya en un cajón o pileta, se cubre con film
- acoplado con caños perforados en el piso, se cubre con film
- pileta con caños perforados en el piso, se cubre con film

En el caso de la desinfección de canteros para flores para corte, de todas las formas de desinfección que hay, tal vez la mas apropiada para las características de la producción argentina, sea el de placa móvil, método que se ha venido ensayando dentro del Proyecto MP/ARG/97/186. Consiste en una placa montada detrás de un tractor y se va desplazando por el cantero a medida que se va desinfectando. En CETEFFHO se ha venido utilizando la cama de púas, similar a la que se describe a continuación. En ambos casos, se deberán hacer los ajustes necesarios según las condiciones de cada productor para lograr la máxima efectividad.

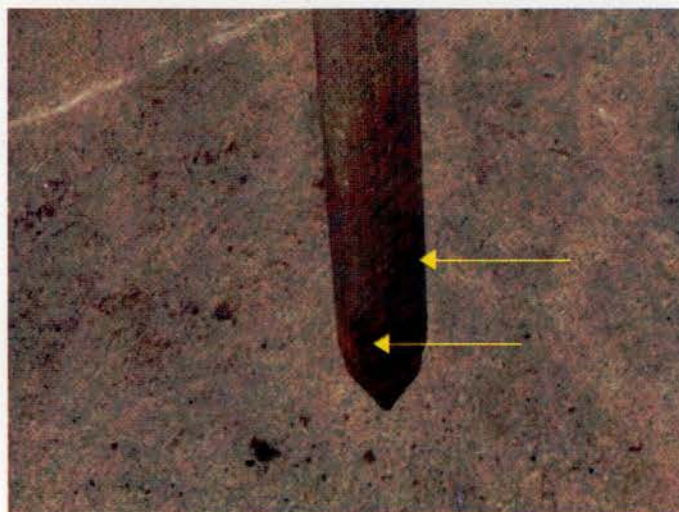
A continuación se describe la desinfección de sustratos en cajones con plancha de púas.



Caldera: (datos de fábrica)
Presión de trabajo 6 kg / cm^2
Temperatura del vapor: 155° a 160°C
Cantidad de vapor: 120 kg / hora



Cajón de 40 cm de alto, 1,60 m de ancho y 2,20 m de largo, equivalente a 1,4 m³.
Plancha de púas o "spike", caño de 2,25 pulgadas, 2 m de largo, 1,3 m de ancho, caños separados cada 45 cm, púas separadas cada 25 cm y 35 cm de largo, con 4 orificios en la punta.



Detalle de la púa con los orificios señalados

Se calienta la plancha de púas, para evitar condensaciones dentro del sustrato.
Temperatura del vapor a la entrada de la plancha de púas: 108°C



Plancha de púas colocada en el cajón.
Punta de las púas en la mitad del espesor del sustrato.
Sustrato seco, flojo.

Se cubre el cajón con lona.
Se inyecta el vapor durante 10 minutos.
Luego, inmediatamente se destapa y se airea varias veces, para que la temperatura de desinfección sea uniforme en todo el sustrato.

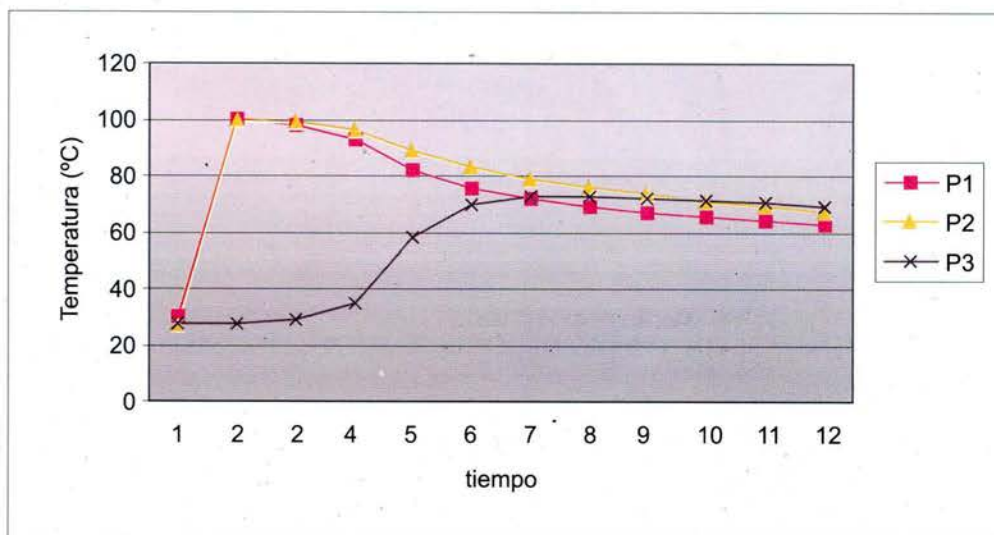


Gráfico 3: Evolución de la temperatura del sustrato desinfectado con vapor.

Tiempo: 1: antes de desinfectar. 2: a los 5 minutos de comenzado a inyectar vapor. 3: a los 10 minutos. 4: a los 15 minutos. 5-12: cada 30 minutos.
P1 y P2 cerca de la púa. P3 punto mas alejado de la púa.

En el Gráfico 3 se muestra la evolución de la temperatura del sustrato hasta 4 horas posteriores a la desinfección con vapor durante 10 minutos, sin remover el mismo.

Se observa que el punto mas alejado de la línea de púas del tratamiento P3 alcanza la temperatura de desinfección de 60°-70°C luego de 30 minutos, pero implica que las zonas mas cercanas estan sometidas durante un tiempo excesivo a altas temperaturas. Por lo explicado anteriormente luego de 10 minutos de inyectado el vapor, se procede a interrumpir el mismo y se airea inmediatamente varias veces, lograndose de esta manera una temperatura uniforme en todo el sustrato y permitiendo que se enfrien aquellas zonas con altas temperaturas.

Bibliografía

Bello, A. López-Pérez, J. A. Daz-Viruliche, L. Tello, J. 2001. Alternatives to Methyl Bromide for Soil Fumigation in Spain.. Global Report on Validated .Alternatives to the Use of Methyl Bromide for Soil Fumigation. FAO Plant Production and Protection Paper 166. p. 31-42.

Bunt, A. C. Media and Mixes for Container Grown Plants. Unwin Hyman. p. 309.

Konishi, K. 1980. Kaneshion Seisan Gijutsu. Yokendo . p. 218.

Morisigue, D. Morita, M. Nishiyama, K. 2002. Relevamiento de la Actividad Florícola y Plantas Ornamentales del Gran Buenos Aires. CETEFFHO-JICA

Pizano, Marta. 2000. Alternativas al Bromuro de Metilo en la Floricultura Colombiana. Seminario de Cierre. Proyecto MP/ARG/97/186. Alternativas al Uso del Bromuro de Metilo en Frutilla, Tomate y Flores de Corte. Buenos Aires, 4 y 5 de mayo de 2000. p. 4-12.

Zembo, Juan C. Ramirez, Mariano. Mezquirez, Nestor. Fernández, Roberto. Sangiacomo, Miguel A. Giaccio, Juan José. 2000. Sustitución del bromuro de metilo con vapor en la desinfección de suelos en el Gran La Plata (R. A.). Seminario de Cierre. Proyecto MP/ARG/97/186. Alternativas al Uso del Bromuro de Metilo en Frutilla, Tomate y Flores de Corte. Buenos Aires, 4 y 5 de mayo de 2000. p. 99-110.

CETEFFHO - INTA