

Esterilización de sustrato con vapor para la sustitución del bromuro de metilo en la planta de nochebuena



**GOBIERNO
FEDERAL**

SEMARNAT



Distrito Federal, México

2009 - 2010

Enero de 2010

Ing. Osvaldo Pérez García

M. en C. Marta Pizano





SEMARNAT

Ana María Contreras Vigil
Directora General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro
de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

Agustín Sánchez Guevara
Coordinador de la Unidad de Protección a la Capa de Ozono

Sofía Urbina Loyola
Coordinadora de Programas de Fumigantes

Marco Antonio Coter García
Coordinador de Proyectos Piloto

ONUDI

Guillermo Castellá Lorenzo
Gerente de Proyectos - Viena

ASESORES

Ing. Osvaldo Pérez García
Consultor Nacional

M. en C. Marta Pizano
Consultor Internacional



AGRADECIMIENTOS

A la Sra. María Josefina López Cortés de “Invernadero Abundancia” ubicado en Tulyehualco, Distrito Federal, México; al Sr. Esteban Cruz Xolalpa de “Vivero Las Amarilis”, ubicado en San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal, México y al Sr. Joaquín Enríquez Serralde de “Producción y Comercialización”, ubicado en San Gregorio Atlapulco, Distrito Federal, México; por haber permitido que el proyecto se realizará dentro de sus instalaciones.

Al personal de estos viveros por su amplia colaboración y entusiasmo mostrado.

INFORMACIÓN

Unidad de Protección a la Capa de Ozono

Avenida Revolución No. 1425 Nivel 39
Colonia Tlacopac, San Angel
01040. México, D.F. MÉXICO
Tel. (52 55) 56 24 35 52

sofia.urbina@semarnat.gob.mx

www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/calidaddelaire/Pages/proteccionlacapadeozono.aspx

ÍNDICE GENERAL

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Marco de referencia.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Ubicación del proyecto.....	3
1.4. Descripción de la técnica utilizada en el proyecto.....	4
2. OBJETIVOS.....	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3.1. Infraestructura y materiales para los experimentos.....	4
3.2. Material vegetal.....	5
3.3. Desarrollo de los experimentos.....	5
4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	6
4.1. Tratamientos aplicados.....	6
4.2. Diseño experimental.....	6
4.3. Manejo de datos.....	7
4.4. Análisis estadístico.....	7
5. RESULTADOS.....	8
5.1. Primer experimento. Josefina López Cortés. Invernadero Abundancia.....	8
5.2. Segundo experimento. Esteban Cruz Xolalpa. Vivero Las Amarilis.....	11
5.3. Tercer experimento. Joaquín Enríquez Serralde. Producción y Comercialización Los Reyes, S.C. de R.L. de C.V.....	13

ÍNDICE GENERAL

	Página
6. DISCUSIÓN	14
6.1. Parámetros de producción.....	14
6.2. Parámetros de análisis de calidad.....	17
7. CONCLUSIONES	19
8. BIBLIOGRAFÍA	19
9. ANEXO	20

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Crecimiento de plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el primer experimento.....	9
Figura 2. Desarrollo de tallos secundarios en plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el primer experimento.....	9
Figura 3. Número de brácteas pigmentadas en plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el primer experimento.....	10
Figura 4. Área foliar y área de brácteas en plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el primer experimento.....	11
Figura 5. Crecimiento de plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el segundo experimento.....	12
Figura 6. Número de brácteas pigmentadas en plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el segundo experimento.....	12
Figura 7. Área foliar y área de brácteas en plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el segundo experimento.....	13
Figura 8. Área foliar y área de brácteas en plantas de nochebuena, cv. Nutcracker Red, en el tercer experimento.....	14

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Mezcla de sustratos utilizados en los experimentos.....	5
Tabla 2. Resultados obtenidos en el primer experimento. Plantas de nochebuena, cv. Subjibi, manejadas a dos podas en macetas de siete pulgadas.....	8
Tabla 3. Resultados obtenidos en el primer experimento. Plantas de nochebuena, cv. Subjibi, manejadas a dos podas en macetas de siete pulgadas.....	10
Tabla 4. Resultados obtenidos en el segundo experimento. Plantas de nochebuena, cv. Subjibi, manejadas a una poda en macetas de siete pulgadas.....	11
Tabla 5. Resultados obtenidos en el segundo experimento. Plantas de nochebuena, cv. Subjibi, manejadas a una poda en macetas de siete pulgadas.....	13
Tabla 6. Resultados obtenidos en el tercer experimento. Plantas de nochebuena, cv. Nutcracker Red, en macetas de tres pulgadas..	14
Tabla 7. Comparación de costos (USD) de esterilización por m ³ de sustrato, entre bromuro de metilo y vapor en Xochimilco, D.F., México. (Costos estimados en noviembre de 2008).....	30

ÍNDICE DE FOTOS

	Página
Foto 1. Desinfección de los sustratos con bromuro de metilo.....	20
Foto 2. Vaporización de sustratos.....	20
Foto 3. Plantas de nochebuena del primer experimento en el momento del transplante (7 de mayo de 2009).....	21

ÍNDICE DE FOTOS

	Página
Foto 4. Desarrollo del primer experimento después de la primera poda...	22
Foto 5. Plantas del primer experimento en el momento de la segunda poda. 24 de julio de 2009.....	23
Foto 6. Desarrollo del primer experimento después de la segunda poda.	23
Foto 7. Desarrollo y pigmentación de brácteas en plantas del primer experimento. 27 de octubre de 2009.....	24
Foto 8. Apariencia de las plantas del primer experimento en la etapa de comercialización.....	24
Foto 9. Plantas del segundo experimento antes de la poda. 9 de julio de 2009.....	25
Foto 10. Desarrollo del segundo experimento después de la poda. 5 de agosto de 2009.....	25
Foto 11. Desarrollo del segundo experimento después de la poda. 27 de octubre de 2009.....	26
Foto 12. Desarrollo del segundo experimento después de la poda. 23 de noviembre de 2009.....	27
Foto 13. Plantas del tercer experimento antes de la poda. 5 de agosto de 2009.....	28
Foto 14. Plantas del tercer experimento al final del ciclo. 20 de noviembre de 2009.....	28
Foto 15. Planta con síntomas de marchitamiento en sustrato tratado con bromuro de metilo, en el vivero de Josefina López Cortés. 9 de julio de 2009.....	29
Foto 16. Plantas con problemas de marchitamiento del tratamiento testigo en el primer experimento. 10 de noviembre de 2009.....	29
Foto 17. Plantas con problemas de marchitamiento, en el vivero de Esteban Cruz Xolalpa. 23 de noviembre de 2009.....	30

ESTERILIZACIÓN DE SUSTRATO CON VAPOR PARA LA SUSTITUCIÓN DEL BROMURO DE METILO EN PLANTA DE NOCHEBUENA DISTRITO FEDERAL, MÉXICO

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Marco de referencia.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Unidad de Protección a la Capa de Ozono (UPO), tiene a su cargo la implementación de proyectos que contribuyan a mantener la integridad de la Capa de Ozono, para cumplir con los compromisos adquiridos por México ante el Protocolo de Montreal, acuerdo internacional firmado por México en 1987 que regula el uso de las sustancias que agotan la Capa de Ozono, a través de la eliminación gradual y obligatoria de su producción y consumo.

Una de estas sustancias es el bromuro de metilo, también conocido como bromometano (CH_3Br), que se emplea como plaguicida para la fumigación de suelos agrícolas. Se trata de una de las sustancias más dañinas para la Capa de Ozono, junto con otras como las utilizadas en refrigerantes, aerosoles y extintores de incendios (CFC y HCFC). Por lo que la comunidad internacional ha promovido su sustitución con el uso de sustancias y prácticas alternativas.

La Capa de Ozono se encuentra entre 20 y 50 kilómetros sobre la superficie terrestre, protegiéndonos de letales radiaciones solares. Su paulatina destrucción, provocada por la actividad humana, ha constituido un grave problema durante los últimos 40 años, afectando las esferas del medio ambiente, el comercio y el desarrollo sostenible. Por lo anterior, en 1977 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente inició las acciones para proteger la Capa de Ozono. Estas acciones se concretaron en 1987, con el establecimiento de un acuerdo internacional denominado Protocolo de Montreal. De esta forma, desde 1987 el Protocolo de Montreal regula el consumo de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO) que nos protege de las radiaciones dañinas del Sol.

La disminución de la capa de ozono conlleva un aumento de las radiaciones ultravioleta de tipo B que llegan a la corteza terrestre. Este aumento de las radiaciones es perjudicial para el hombre ya que aumenta el riesgo de cáncer de piel y la aparición de enfermedades oculares. Si aumentan estas radiaciones supondría el incremento de la temperatura media de la Tierra, por lo que la utilización del bromuro de metilo, también incide en el calentamiento global. Para la vegetación, el aumento de las radiaciones de tipo B supone una disminución de la fotosíntesis, ya que la radiación que utilizan las plantas es aquella cuya longitud de onda se encuentra sólo entre 380 y 730 nm.

En 1992 se reconoció oficialmente al bromuro de metilo como una de las sustancias responsables del deterioro de la Capa de Ozono. En 1994, la Enmienda de Copenhague incluyó en el Protocolo de Montreal el control del consumo de esta sustancia y, de esta forma, se iniciaron las acciones para la eliminación gradual y obligatoria de su producción y consumo. En este contexto, México se comprometió a reducir en el año 2005 un 20 % del consumo de esta sustancia, a partir de la línea base establecida (promedio de consumo entre los años 1995 y 1998). Asimismo, nuestro país tiene el compromiso de eliminar totalmente su consumo en el año 2014.

En la 54ª reunión del Comité Ejecutivo del Protocolo de Montreal, celebrada en abril del 2008, fue aprobado el **“Plan Nacional de Eliminación del Consumo de Bromuro de Metilo en la Fumigación de Suelos y Estructuras”** (el proyecto). El proyecto es implementado por el Gobierno de México, a través de la Unidad de Protección a la Capa de Ozono (UPO) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en coordinación con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

El objetivo del proyecto es eliminar el consumo de bromuro de metilo en México. Para cumplir con este objetivo, se proporciona asistencia técnica, capacitación y financiamiento a los usuarios de este fumigante que se comprometan a sustituirlo en forma definitiva. El proyecto tiene como meta la eliminación del consumo de 1 491 toneladas métricas de bromuro de metilo en el año 2014. La eliminación inició en el 2008 y se realiza en forma gradual.

En informe que se presenta, forma parte de los proyectos de campo que se instrumentan en el sector agrícola para la sustitución del bromuro de metilo por sustancias y prácticas alternativas con viabilidad técnica, económica, ambiental y social.

1.2. Antecedentes.

El presente informe es parte de los proyectos piloto sobre alternativas al bromuro de metilo en flores de vivero que se han venido desarrollado en Xochimilco, Distrito Federal, México. Durante la etapa de septiembre de 2007 a junio de 2008 se desarrollaron proyectos piloto en los cultivos de liliom, alcatraz amarillo, begonia tuberosa y campánula. En estos proyectos piloto, la alternativa evaluada fue la esterilización de sustratos a través de vaporización.

En general, se observó que no hubo diferencias entre los tratamientos de bromuro de metilo y vapor; adicionalmente, se demostró que en algunos casos no se justifica el uso de bromuro de metilo en la desinfección del sustrato y tampoco se requiere desinfectarlo con vapor. En la evaluación de vaporización del sustrato en el cultivo de liliom, comparado con sustrato fumigado con bromuro de metilo y sustrato sin tratar no se presentaron problemas de enfermedades ni de maleza en ninguno de los tratamientos, y el crecimiento de las plantas fue similar en los tres tratamientos. En alcatraz amarillo, la vaporización y el bromuro de metilo evitaron la emergencia de maleza y no hubo diferencias en el desarrollo de las plantas.

En el experimento con begonia tuberosa, la vaporización del sustrato reciclado fue eficaz para eliminar el problema de maleza, comparado con los tratamientos sustrato nuevo y sustrato reciclado sin tratar; en estos últimos hubo emergencia de maleza en mayor y menor grado, respectivamente. En campánula sólo se evaluó el sustrato reciclado vaporizado, comparado con sustrato reciclado sin tratar y se observó el mismo resultado que en begonia tuberosa.

La nochebuena o poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) es el principal cultivo ornamental en la temporada de invierno en el Distrito Federal y también es el cultivo donde se utiliza la mayor cantidad de bromuro de metilo para la desinfección de sustrato. El uso de este fumigante se debe principalmente a los problemas de maleza y por pudriciones de raíz y cuello que se presentan en la zona. Algunos de los patógenos que se han identificado en la zona de Xochimilco en el cultivo de nochebuena son *Pythium aphanidermathum*, *Rizoctonia solani*, *Fusarium solani* (Raya, 2005). Por lo anterior se desarrolló el proyecto de evaluación de vaporización en este cultivo durante el período de mayo a diciembre de 2009.

1.3. Ubicación del proyecto.

Se establecieron tres experimentos en la zona de Xochimilco, Distrito Federal. Cada experimento se estableció con los siguientes productores:

María Josefina López Cortés (primer experimento).

Invernadero Abundancia S.P.R. de R.L.

Localidad: Tulyehualco.

Esteban Cruz Xolalpa (segundo experimento).

Vivero Las Amarilis.

Localidad: San Luis Tlaxialtemalco.

Joaquín Enríquez Serralde (tercer experimento).

Producción y Comercialización Los Reyes, S.C. de R.L. de C.V.

Localidad: San Gregorio Atlapulco.

1.4. Descripción de la técnica utilizada en el proyecto.

La esterilización de sustrato a través de vaporización elimina las plagas, patógenos y semillas de maleza presentes en los suelos y sustratos mediante calor. El calor seco puede ser aplicado con resultados muy favorables, pero se prefiere el vapor de agua pues éste se difunde más eficientemente, con una mejor relación costo/beneficio. Puede inyectarse en el suelo con la ayuda de una caldera y difusores (placas o tuberías). Es tan eficiente como el bromuro de metilo, y económicamente viable si se implementa dentro de un programa integrado. Existe experiencia, de varias décadas, en la aplicación de vapor en los cultivos bajo invernadero (Pizano, 1997).

2. OBJETIVOS.

Evaluar la vaporización como alternativa de sustitución al bromuro de metilo para la desinfección del sustrato en el cultivo de nochebuena en vivero.

Evaluar la viabilidad técnica y económica de la vaporización como alternativa de sustitución de bromuro de metilo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Infraestructura y materiales para los experimentos.

Los experimentos se establecieron en los mismos espacios donde los productores establecen su producción comercial. En los sustratos tratados con bromuro de metilo se utilizaron latas de 1.5 lb (680.4 g) marca Fumigran^{MR} de la distribuidora Caisa (formulación: 98 % bromuro de metilo, 2 % cloropicrina). El procedimiento se realizó cubriendo el sustrato con un plástico para perforar el envase de bromuro de metilo (Foto 1 del Anexo). Después de la perforación, se dejó cubierto el sustrato por 24 horas y posteriormente se destapó para airear durante tres días. La dosis fue de una lata por metro cúbico.

En los sustratos con el tratamiento de vapor se utilizó el equipo adquirido con recursos del **“Proyecto de Asistencia Técnica y Capacitación para la Reducción del 20 % del Consumo de Bromuro de Metilo en México”** (generador de vapor marca Siebring, modelo SG10; remolque con capacidad de carga en volumen de 0.7 m³). La vaporización se efectuó a una temperatura de 85 - 90 °C, durante 30 minutos (Foto 2 del Anexo).

Las mezclas de sustrato fueron las que se indican en el Tabla 1.

Tabla1. Mezcla de sustratos utilizados en los experimentos

Material	Proporción (%)		
	Primer experimento	Segundo experimento	Tercer experimento
Tierra de hoja	66.67	70	40
Tezontle	16.67	15	20
Agrolita	8.33	5	-
Polvo de coco	8.33	-	-
Peat moss	-	10	30
Tierra negra	-	-	10
Total	100.00	100	100

3.2. Material vegetal.

En primer y segundo experimentos se utilizaron esquejes de nochebuena de la variedad Subjibi, y en tercer experimento se utilizó la variedad Nutcracker Red.

3.3. Desarrollo de los experimentos.

Los experimentos se establecieron en diferentes fechas de acuerdo al calendario de plantación de cada agricultor, tomando en consideración el tamaño de maceta y el número de podas que se hicieron a la planta. El primer experimento se estableció el 7 de mayo de 2009; la primera poda se efectuó el 20 de mayo y la segunda el 24 de julio. En el segundo experimento los esquejes se transplantaron el 6 de julio y la poda de las plantas se realizó el 16 de julio. En el tercer experimento los esquejes fueron transplantados el 27 de julio, y se despuntaron el 18 de agosto. En las Figuras 3 al 14 del Anexo se aprecia el desarrollo de los experimentos.

En el primer y segundo experimentos el tamaño de maceta fue de siete pulgadas; el manejo de las plantas del primero fue a dos podas y las del segundo a una poda. En el tercer experimento el tamaño de maceta fue de tres pulgadas y las plantas se manejaron a una sola poda. En el primer experimento se eliminaron dos plantas que no alcanzaron a desarrollar raíces en la primera semana después del trasplante, una del tratamiento con bromuro de metilo y otra del testigo. El manejo de la planta, la nutrición, los riegos y aplicación de agroquímicos en cada experimento se realizó de la manera usual a la de cada productor y fue el mismo en los tres tratamientos.

En los tres experimentos, los productores realizaron varias aplicaciones de fungicidas para prevención y control de enfermedades. Se utilizaron fungicidas como: Captán (Captán 50 P.H.), Mancozeb (Manzate 200), Sulfato de cobre pentahidratado (Phyton 27), Folpet (Folpan), Clorotalonil (Daconil), Metalaxil+Clorotalonil (Ridomil Bravo), Metalaxil (Tokat), Benomilo (Promyl), Propamocarb (Previcur N), Carbendazim (Bavistin DF), Tiofanato metílico (Cercobin), Kresoxim-metil (Stroby), Iprodiona (Rovral 50 PH), Tiabendazol (Tecto 60), Fosetil-al (Aliette WDG), y Triforine (Saprol).

Se tuvo presencia de la plaga mosca blanca durante el desarrollo de los experimentos, principalmente en el Vivero La Abundancia, para su control se realizaron aplicaciones de Endosulfán (Thiodan), Imidacloprid (Confidor), Bifentrina (Talstar), Fenpropatrin (Herald), Flonicamid (Beleaf), Acetamiprid (Rescate) y Pyriproxyfen (Knack).

Para la inducción floral se cambió el fotoperíodo a días cortos. El período de oscuridad fue de las 18:00 a 8:00 horas. En el primer y segundo experimentos el fotoperíodo corto inició el 9 de septiembre; en el tercer experimento inició el 4 de septiembre.

4. DISEÑO EXPERIMENTAL.

4.1. Tratamientos aplicados.

Los tratamientos evaluados en los tres experimentos fueron los siguientes:

- T₁ Sustrato fumigado con bromuro de metilo.
- T₂ Sustrato vaporizado.
- T₃ Sustrato sin tratar (testigo).

4.2. Diseño experimental.

El diseño experimental para los tres experimentos fue completamente al azar. En los experimentos primero y segundo se utilizaron cuatro repeticiones, y las unidades experimentales fueron cinco macetas de siete pulgadas. En el tercer experimento las repeticiones fueron seis y la unidad experimental consistió en 10 macetas de tres pulgadas.

4.3. Manejo de datos.

En el primer experimento, el registro de datos en campo inició a los 62 días después de la segunda poda; se midieron las variables: altura de planta (AP), número de tallos (NT), número de tallos secundarios (NTS), diámetro del tallo principal (DT), número de brácteas pigmentadas (NBP). La AP se midió en siete fechas (24 de septiembre; 1, 8, 15, 22 y 28 de octubre; y 16 de noviembre), el NTS en cinco (28 de septiembre; 1, 8, 15 y 22 de octubre), el NBP en tres (28 de octubre; 9 y 16 de noviembre), y las demás variables se midieron una sola vez.

En laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, se determinaron las variables área foliar (AF), área de brácteas (AB), peso seco de tallos y hojas (PSTH), peso seco de brácteas (PSB), y peso seco de ciatios (PSC). Se utilizaron tres plantas de cada tratamiento para estas mediciones. El AF y el AB se midieron con un integrador de área foliar LICOR modelo LI-3100. Las mediciones se hicieron los días 17, 19 y 24 de noviembre.

En el segundo experimento el registro de datos en campo inició a los 81 días después de la poda, se midieron las variables: AP, NT, DT, y NBP. La AP se midió en siete fechas (5, 13, 19 y 26 de octubre; 3, 12 y 24 de noviembre), el NBP en tres (3, 12 y 24 de noviembre), y las demás variables se midieron una sola vez. En laboratorio se determinaron las mismas variables que en el caso del segundo experimento y se utilizaron cuatro plantas de cada tratamiento. Las mediciones en laboratorio se hicieron los días 4, 7 y 11 de diciembre.

En el tercer experimento se midieron las variables AP y NT en campo; las mediciones se realizaron el 20 de noviembre, 94 días después del despunte. En laboratorio se determinaron las mismas variables que en los experimentos anteriores, excepto PSC; el PSC se incluyó junto con el PSB. Las mediciones en laboratorio se realizaron el 8 y 11 de diciembre y se utilizaron seis plantas de cada tratamiento.

Las variables AF, AB, PSTH, PSB, y PSC se determinaron en el laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

4.4. Análisis estadístico.

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza con el procedimiento ANOVA del sistema SAS (Statistical Analysis System), y se realizó la comparación de medias con la prueba de Tukey.

5. RESULTADOS.

5.1. Primer experimento. Josefina López Cortés. Invernadero Abundancia.

El mayor crecimiento, en las siete fechas, se presentó en las plantas desarrolladas en sustrato tratado con bromuro de metilo y el menor en el sustrato testigo. Las plantas desarrolladas en sustrato vaporizado fueron estadísticamente iguales a las que crecieron en sustrato con bromuro de metilo, aunque en las fechas 6 y 7 también lo fueron con las plantas desarrolladas en el sustrato testigo. En el NT y NTS no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tabla 2). En la Figura 1 se aprecia que el crecimiento de las plantas desarrolladas en sustrato con bromuro de metilo y en sustrato vaporizado fue paralelo en las siete fechas. En la Figura 2 se muestra el desarrollo de NTS en las tres fechas evaluadas.

Tabla 2. Resultados obtenidos en el primer experimento. Plantas de nochebuena, cv. Subjibi, manejadas a dos podas en macetas de siete pulgadas

Tratamiento	Altura de planta (AP) (cm)							NT	NTS1 [†]	NTS2	NTS3	NTS4	NTS5
	AP1 [‡]	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	AP7						
Bromuro de metilo	37.15 a [‡]	38.83 a	40.06 a	41.55 a	42.70 a	43.90 a	47.05 a	4.90 a	9.35 a	10.35 a	12.00 a	13.30 a	14.35 a
Vapor	36.30 a	37.95 a	39.53 a	40.86 a	42.28 a	43.25 ab	45.23 ab	5.05 a	8.35 a	9.75 a	11.35 a	12.85 a	13.80 a
Testigo	33.48 b	35.10 b	36.48 b	38.00 b	39.10 b	40.68 b	42.63 b	5.10 a	8.10 a	8.85 a	10.85 a	11.80 a	13.10 a
C.V.	8.81	9.09	8.47	8.55	8.75	8.64	8.30	16.90	21.61	23.65	19.48	19.48	19.40
D.M.S.	2.39	2.58	2.49	2.61	2.75	2.80	2.84	0.64	1.41	1.74	1.69	1.87	2.03

TRAT. = Tratamiento; NT = Número de tallos; NTS = Número de tallos secundarios.

[†] Los números indican las fechas consecutivas, mencionadas en el punto 4.3, en las que se realizaron las mediciones.

[‡] Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

C.V. = Coeficiente de variación.

D.M.S. = Diferencia mínima significativa.

En el DT y el NBP no se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos (Cuadro 3). En la Figura 3 se ve la similitud en el NBP, en las tres fechas evaluadas, entre los tres tratamientos.

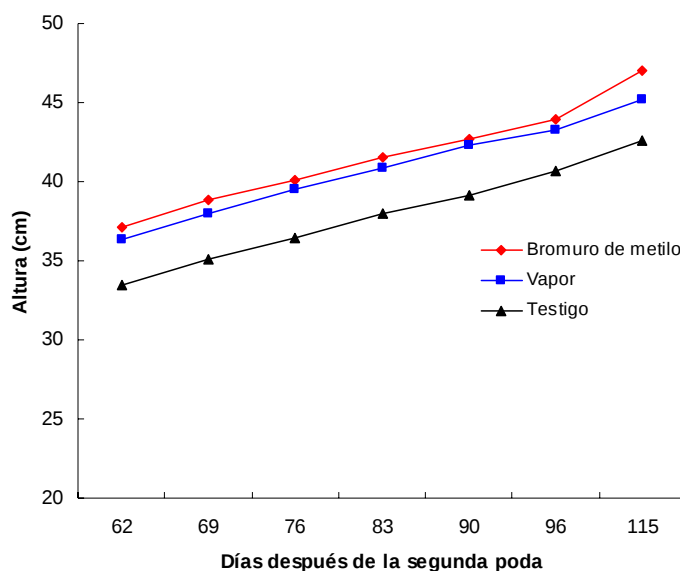


Figura 1. Crecimiento de plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el primer experimento

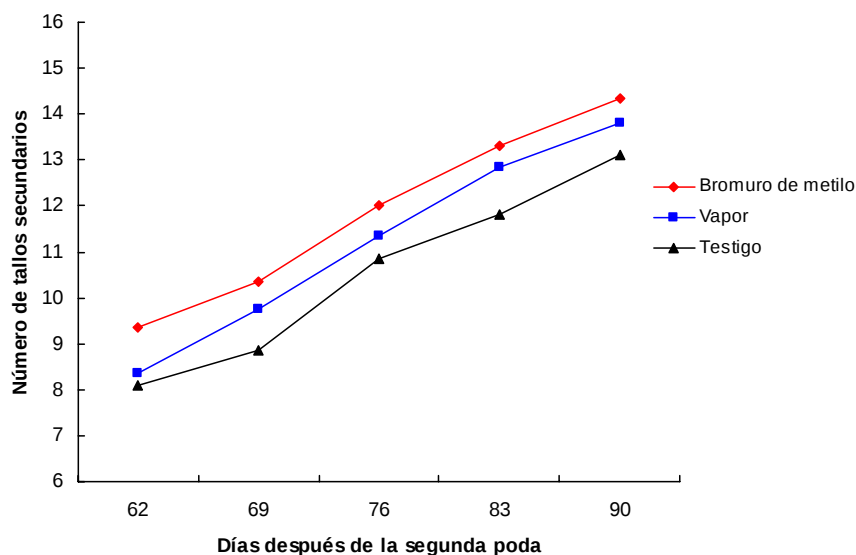


Figura 2. Desarrollo de tallos secundarios en plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el primer experimento

En el AF y AB no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tabla 3); aunque en la Figura 4 se aprecian diferencias numéricas en el AB. La mayor valor AB se fue en las plantas desarrolladas en sustrato tratado con bromuro de metilo ($7\,168.80\text{ cm}^2$), y la menor en las que crecieron en sustrato vaporizado ($5\,461.90\text{ cm}^2$). El PSTH, PSB y PSC fueron estadísticamente iguales entre los tres tratamientos (Cuadro 3).

Tabla 3. Resultados obtenidos en el primer experimento. Plantas de nochebuena, cv. Subjibi, manejadas a dos podas en macetas de siete pulgadas

Tratamiento	DT (mm)	NBP1 [†]	NBP2	NBP3	AF (cm ²)	AB (cm ²)	PSTH (g)	PSB (g)	PSC (g)
Bromuro de metilo	10.60 a [‡]	10.75 a	12.35 a	13.75 a	6,024.60 a	7,168.80 a	31.23 a	13.47 a	2.57 a
Vapor	10.76 a	10.55 a	12.00 a	13.35 a	5,792.50 a	5,451.90 a	26.07 a	10.13 a	2.10 a
Testigo	10.61 a	10.35 a	11.55 a	12.95 a	5,343.80 a	5,836.96 a	28.50 a	10.67 a	2.37 a
C.V.	10.41	18.25	18.37	19.73	6.41	12.30	14.93	15.67	49.78
D.M.S.	0.84	1.47	1.67	2.00	918.48	1,896.30	10.70	4.48	2.92

TRAT. = Tratamiento; DT = Diámetro de tallo; NBP = Número de brácteas pigmentadas; AF = Área foliar.

AB = Área de brácteas; PSTH = Peso seco de tallos y hojas; PSB = Peso seco de brácteas; PSC = Peso seco de ciatios.

[†] Los números indican las fechas consecutivas, mencionadas en el punto 4.3, en las que se realizaron las mediciones.

[‡] Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

C.V. = Coeficiente de variación.

D.M.S. = Diferencia mínima significativa.

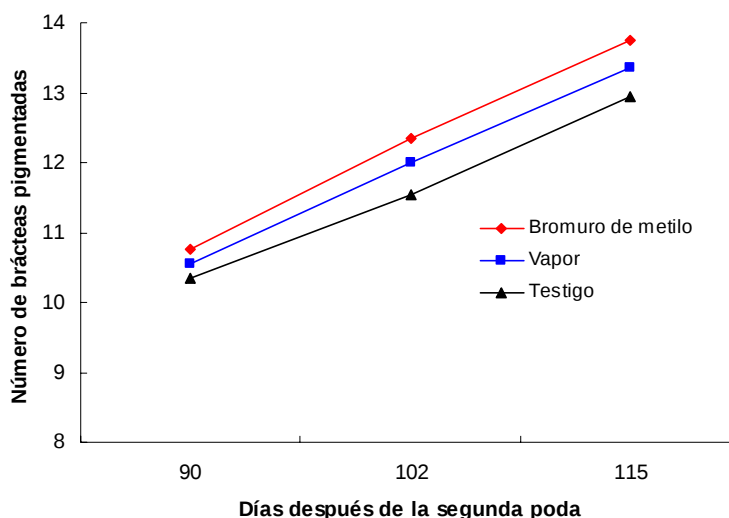


Figura 3. Número de brácteas pigmentadas en plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el primer experimento

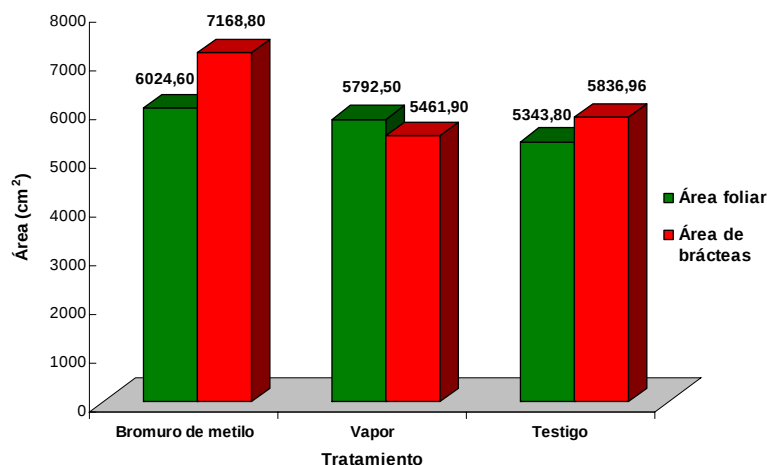


Figura 4. Área foliar y área de brácteas en plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el primer experimento

5.2. Segundo experimento. Esteban Cruz Xolalpa. Vivero Las Amarilis.

En las siete fechas el mayor crecimiento se fue en las plantas desarrolladas en sustrato vaporizado y el menor en las que crecieron en el sustrato testigo (Tabla 4). En la Figura 5 se observan las diferencias de AP y el crecimiento entre los tratamientos. En el NT, DT y NBP no se encontraron diferencias estadísticas significativas (Tabla 4). El desarrollo de brácteas pigmentadas tuvo una tendencia similar en los tres tratamientos (Figura 6).

Tabla 4. Resultados obtenidos en el segundo experimento. Plantas de nochebuena, cv. Subjibi, manejadas a una poda en macetas de siete pulgadas

Tratamiento	Altura de planta (AP) (cm)							NT	DT (mm)	NBP1 [†]	NBP2	NBP3
	AP1 [†]	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	AP7					
Bromuro de metilo	20.58 ab [‡]	21.68 ab	22.68 ab	23.30 ab	23.70 ab	24.93ab	26.58 ab	5.13 a	7.09 a	3.15 a	4.15 a	4.95 a
Vapor	23.58 a	24.45 a	25.03 a	25.65 a	26.43 a	27.15 a	28.80 a	5.10 a	7.68 a	3.50 a	4.45 a	5.10 a
Testigo	19.05 b	20.43 b	21.20 b	22.13 b	22.75 b	23.50 b	24.85 b	5.20 a	7.12 a	3.05 a	4.05 a	4.80 a
C.V.	19.63	18.69	17.86	16.76	16.56	16.18	14.90	20.64	10.70	29.68	19.48	18.14
D.M.S.	3.15	3.16	3.10	3.02	3.06	3.10	3.03	0.81	0.59	0.81	0.64	0.65

TRAT. = Tratamiento; NT = Número de tallos; DT = Diámetro de tallo; NBP = Número de brácteas pigmentadas.

[†] Los números indican las fechas consecutivas, mencionadas en el punto 4.3, en las que se realizaron las mediciones.

[‡] Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

C.V. = Coeficiente de variación.

D.M.S. = Diferencia mínima significativa.

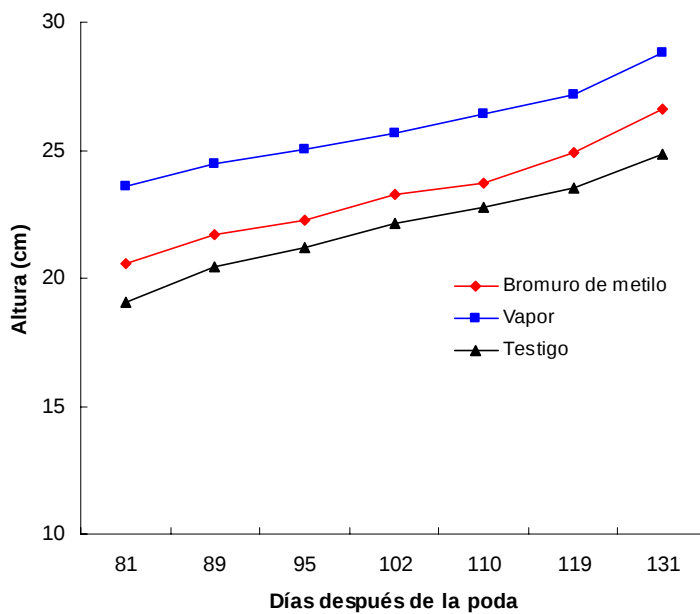


Figura 5. Crecimiento de plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el segundo experimento

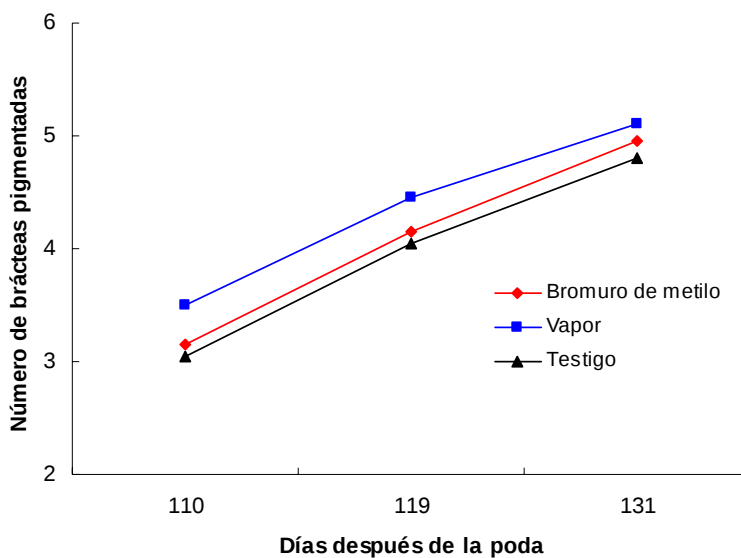


Figura 6. Número de brácteas pigmentadas en plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el segundo experimento

En el AF y AB no hubo diferencias estadísticas significativas (Tabla 5). Los valores de AF fueron similares en los tres tratamientos. En la Figura 7 se observa que las plantas desarrolladas en sustrato vaporizado tuvieron mayor AB que las que crecieron en sustrato con bromuro de metilo y en sustrato testigo, aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa. En las variables PSTH, PSB y PSC los valores encontrados fueron similares en los tres tratamientos, las diferencias observadas no fueron estadísticamente significativas (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados obtenidos en el segundo experimento. Plantas de nochebuena, cv. Subjibi, manejadas a una poda en macetas de siete pulgadas

Tratamiento	AF (cm ²)	AB (cm ²)	PSTH (g)	PSB (g)	PSC (g)
Bromuro de metilo	1,905.10 a [†]	1,531.40 a	9.85 a	3.53 a	0.85 a
Vapor	2,039.10 a	1,977.00 a	11.13 a	4.58 a	1.05 a
Testigo	1,741.90 a	1,578.50 a	8.15 a	3.65 a	0.66 a
C.V.	17.19	14.79	26.26	24.35	51.63
D.M.S.	642.85	495.41	5.04	1.89	0.87

AF = Área foliar; AB = Área de brácteas; PSTH = Peso seco de tallos y hojas; PSB = Peso seco de brácteas.

PSC = Peso seco de ciáticos.

[†] Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

C.V. = Coeficiente de variación.

D.M.S. = Diferencia mínima significativa.

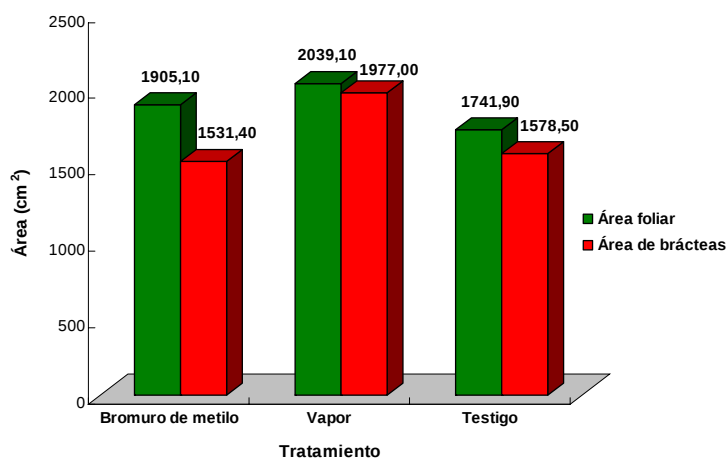


Figura 7. Área foliar y área de brácteas en plantas de nochebuena, cv. Subjibi, en el segundo experimento

5.3. Tercer experimento. Joaquín Enríquez Serralde. Producción y Comercialización Los Reyes, S.C. de R.L. de C.V.

En este experimento se encontraron diferencias estadísticas significativas en el NT. Las demás variables fueron estadísticamente iguales en los tres tratamientos (Tabla 6). Las plantas que se desarrollaron en sustrato vaporizado y en sustrato testigo tuvieron mayor NT que las que crecieron en sustrato con bromuro de metilo. Aunque no hubo diferencias estadísticas significativas, en la Figura 8 se observa que el AB fue mayor en el tratamiento con vapor (478.20 cm²), y menor en el tratamiento con bromuro de metilo (361.72 cm²).

Tabla 6. Resultados obtenidos en el tercer experimento. Plantas de nochebuena, cv. Nutcracker Red, en macetas de tres pulgadas

Tratamiento	AP (cm)	NT	AF (cm ²)	AB (cm ²)	PSTH (g)	PSB (g)
Bromuro de metilo	13.83 a [†]	3.47 b	174.69 a	361.72 a	1.08 a	0.82 a
Vapor	14.00 a	3.85 a	216.16 a	478.20 a	1.32 a	1.07 a
Testigo	14.18 a	3.92 a	197.07 a	393.76 a	1.20 a	0.95 a
C.V.	14.58	23.16	33.02	23.18	22.94	25.60
D.M.S.	0.88	0.37	97.04	142.97	0.41	0.36

AP = Altura de planta; NT = Número de tallos; AF = Área foliar; AB = Área de brácteas; PSTH = Peso seco de tallos y hojas. PSB = Peso seco de brácteas.

[†] Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

C.V. = Coeficiente de variación.

D.M.S. = Diferencia mínima significativa.

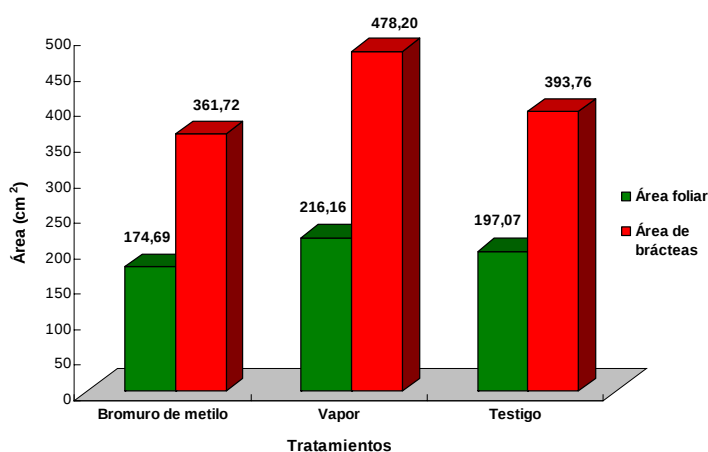


Figura 8. Área foliar y área de brácteas en plantas de nochebuena, cv. Nutcracker Red, en el tercer experimento

6. DISCUSIÓN.

6.1. Parámetros de producción.

La desinfección del suelo o de un sustrato es una práctica importante para la eliminar o reducir de los organismos patógenos que viven en este medio y que causan enfermedades en las plantas (Díaz *et. al.*, 2001). Burés (1997), menciona que para garantizar el estado sanitario de los sustratos, o siempre cuando se reutilice un material después de un cultivo, será necesario desinfectarlo. Un sustrato libre de patógenos, insectos y semillas de hierbas es una condición imprescindible para que un cultivo se desarrolle con éxito.

En las tres unidades de producción, el desarrollo de las plantas de los experimentos se comparó con el desarrollo de las plantas establecidas de manera comercial por cada productor. Se presentaron problemas de enfermedades, aunque no estuvieron relacionados directamente por presencia de patógenos en los sustratos. En el cultivo de la Sra. Josefina López se observaron plantas con síntomas de marchitamiento, probablemente por *Pythium* o *Phytophthora*, tanto en el sustrato tratado con bromuro de metilo como en el sustrato vaporizado (Foto 15 del Anexo). Los síntomas aparecieron alrededor de la sexta semana después del trasplante e inicialmente se manifestaron en la variedad 'Prestige', en la cual la enfermedad atacó en mayor grado; aunque después y al final del ciclo el problema también se presentó en la variedad 'Subjibi'.

En las plantas del primer experimento se encontraron dos plantas enfermas en el sustrato testigo (Foto 16 del Anexo), dentro de las unidades experimentales. No se determinó el agente causal en laboratorio, debido a que las plantas del experimento recibieron aplicaciones de fungicidas, y el crecimiento del probable patógeno en un medio de cultivo se vería afectado o inhibido por el ingrediente activo de fungicida.

En el cultivo del Sr. Esteban Cruz también se presentaron los mismos problemas observados en el vivero de Josefina López, tanto en plantas desarrolladas en sustrato tratado con bromuro de metilo como sustrato vaporizado (Foto 17 del Anexo). Los síntomas aparecieron después de la poda. En las plantas del experimento se encontraron siete plantas enfermas dentro de las unidades experimentales, tres del tratamiento con vapor, dos del tratamiento con bromuro de metilo y dos del testigo. Por el mismo motivo, de aplicación de fungicidas, no se determinó el agente causal.

En el vivero del Sr. Joaquín Enríquez no se tuvieron problemas de marchitamiento en el tallo, pero por problemas de alta humedad relativa se presentaron síntomas de mancha gris (*Botrytis cinerea*) de manera generalizada en todo el cultivo y también afectaron plantas del experimento. En este vivero se plantaron 25 000 plantas en macetas de cinco pulgadas y se utilizó sustrato tratado con bromuro de metilo. También se sembraron 40 000 plantas en macetas de tres pulgadas; 36 000 con sustrato esterilizado con bromuro de metilo, 3 200 con sustrato vaporizado y 800 con sustrato sin tratamiento. Debido a la mancha gris se perdió aproximadamente el 5 % del total de las plantas. La enfermedad se controló después de varias aplicaciones de fungicidas.

Las enfermedades observadas no se encuentran relacionadas con el sustrato utilizado, se debieron precisamente por causa del sustrato, pues no se manifestaron de manera particular en alguno de los tratamientos. En los tres experimentos se utilizó sustrato nuevo en los tres tratamientos, por lo cual no hubo presencia de maleza en ninguno de ellos. En el primer experimento los problemas de marchitamiento pudieron deberse a variaciones de humedad por exceso de riego y momentos de estrés hídrico, y quizá por deficiencia de ventilación en el invernadero. En el segundo experimento hubo problemas de encharcamiento por las lluvias y las primeras plantas que mostraron los síntomas de marchitamiento fueron las de las macetas que resultaron inundadas. Otro factor que pudo contribuir fue la falta de sanidad en el vivero. En el tercer experimento, la condición más probable que pudo ocasionar el problema de mancha gris fue la alta humedad relativa dentro del vivero, y porque la separación de macetas no se dio a tiempo por la gran cantidad de plantas.

Por lo tanto, no sólo es necesario sustituir el bromuro de metilo por la vaporización del sustrato u otra alternativa. Es importante considerar la vaporización dentro de un programa de manejo integrado. La ventilación, saneamiento y mantenimiento de invernaderos; la nutrición del cultivo y el manejo de los riegos son factores que contribuyen a la reducción de problemas fitosanitarios (Pizano 1997). Puede complementarse la vaporización del sustrato con la aplicación de microorganismos benéficos como *Trichoderma* que es técnicamente efectivo, económicamente viable y compatible con el ambiente (Bettioli, 2006; Stefanova, 1996).

En relación con el desarrollo, los tratamientos de bromuro de metilo y vapor favorecieron el crecimiento de nochebuena en el primero y segundo experimentos, debido a que la altura final de las plantas en estos sustratos fue superior a la altura de las plantas desarrolladas en el sustrato testigo. En el caso del tercer experimento no se observó un efecto de los tratamientos sobre la altura de planta.

En el desarrollo de tallos, sólo en las plantas del tercer experimento se encontró que las plantas desarrolladas en el sustrato vaporizado y en el testigo tuvieron mayor número de tallos (3.85 y 3.92 tallos por planta, respectivamente) que las que crecieron en el sustrato con bromuro de metilo (3.47 tallos por planta). En el primero y segundo experimentos el número de tallos por planta fue estadísticamente igual entre los tres tratamientos.

En las plantas del primer experimento, además del número de tallos por planta también se consideró el número de brotes o tallos secundarios. Estas plantas se manejaron a dos podas en macetas de siete pulgadas, en la primera poda se estimuló el desarrollo de tallos primarios, y en la segunda se estimuló el desarrollo de tallos secundarios con el fin de obtener mayor número de brácteas. En el número de tallos primarios y secundarios tampoco se encontraron diferencias estadísticas significativas.

Las plantas del segundo experimento, manejadas a una poda en macetas de siete pulgadas, no fueron influidas en el número de tallos principales por efecto de los tratamientos. Únicamente en las plantas del tercer experimento se encontró que las que se desarrollaron en el sustrato vaporizado tuvieron mayor número de tallos, aunque fueron estadísticamente iguales con las que crecieron en el sustrato testigo, y ambas fueron superiores al bromuro de metilo.

En el primero y segundo experimentos, los tratamientos no afectaron el diámetro de tallo y el número de brácteas pigmentadas. En ambos experimentos el diámetro de tallo fue similar entre los tratamientos, y el desarrollo de brácteas pigmentadas presentó la misma tendencia en las tres fechas evaluadas. En las plantas del tercer experimento no se evaluó el diámetro de tallo ni el número de brácteas pigmentadas; el número de brácteas pigmentadas correspondió al número de tallos.

6.2. Parámetros de análisis de calidad.

Los productores de Xochimilco consideran factores de calidad en la planta de nochebuena la altura, el número de tallos, el tamaño de las brácteas y la uniformidad en la pigmentación. Según el tamaño de la maceta en que se desarrolle la planta y el número de podas, se debe mantener un equilibrio entre el tamaño de la maceta y de la planta. Hayashi *et. al.*, 2001 mencionan que en una planta de nochebuena se busca mantener una relación 2:1 planta/maceta y que en México es conveniente obtener plantas de porte bajo que ocupen menor espacio durante la producción y el transporte.

En estos experimentos no se reflejó una influencia significativa en la calidad final de las plantas. Las plantas del primero y segundo experimentos que se manejaron en macetas de siete pulgadas, tuvieron mayor altura con los tratamientos de bromuro de metilo y vapor. Las plantas del primer experimento, manejadas a dos podas, no fueron afectadas en su apariencia comercial a pesar de las diferencias estadísticas significativas en la altura de planta, ya que la diferencia final entre las que tuvieron mayor altura (tratamiento con bromuro de metilo) y las de menor altura (testigo) fue de 4.42 cm y esta diferencia no repercutió en la calidad durante la venta. En los tres tratamientos la altura final de las plantas, el número de tallos primarios y secundarios, y el número de brácteas pigmentadas produjeron plantas atractivas de buen aspecto, en relación con el tamaño de la maceta (Foto 8 del Anexo).

En las plantas del segundo experimento, manejadas a una poda, aunque el tratamiento con vapor fue estadísticamente igual al bromuro de metilo, las plantas desarrolladas en el sustrato vaporizado tuvieron más altura de la planta y esto se reflejó en una planta de mejor apariencia en relación con el tamaño de la maceta. En el caso de las plantas del tercer experimento, la proporción planta/maceta fue similar en los tres tratamientos y la calidad final no fue influido por la altura de planta.

El tamaño de brácteas es un parámetro de calidad en la nochebuena, y esto se refleja en el área. La variedad Subjibi puede alcanzar un diámetro de brácteas de 36.8 a 37.3 cm (Ecke *et. al.*, 2004). Las plantas desarrolladas en sustrato con bromuro de metilo, en el primer experimento, tuvieron mayor tamaño de brácteas, lo que se reflejó en la mayor área de brácteas. En el segundo y tercer experimentos la tendencia en el área de brácteas no fue igual que en el primer experimento; aunque las diferencias no fueron significativas, en ambos experimentos las plantas que crecieron en sustrato vaporizado presentaron mayor área de brácteas y la menor área fue en las que crecieron en sustrato con bromuro de metilo.

Probablemente se requería un mayor número de repeticiones para la evaluación del área foliar y de brácteas para inferir si la desinfección del sustrato con bromuro o vapor influye en estos parámetros. Además, debe considerarse que no se manejó el mismo número de podas en las plantas y la variedad no fue la misma en los tres experimentos.

En el proyecto piloto desarrollado en 2007 en el cultivo de liliun y en pruebas que se hicieron con el cultivo de tulipán en 2008, se encontró que no es necesario fumigar cuando se utiliza sustrato nuevo pues no se tienen problemas de enfermedades ni de maleza con un sustrato que se utiliza por primera vez. El sustrato se contamina después de un ciclo de cultivo por los restos de plantas, el viento y por el riego, especialmente cuando se usa agua de los canales.

Con los resultados encontrados en este trabajo y en los proyectos anteriores, la desinfección del suelo se justificaría cuando se reutiliza el sustrato para eliminar el problema de maleza y reducir el riesgo de enfermedades, y la vaporización es la alternativa eficaz para sustituir al bromuro de metilo. Cuando se iniciaron los proyectos en la zona de Xochimilco, se recalcó en cuidar la calidad del agua de riego y la sanidad del material de propagación. La mayoría de los productores de flores de vivero de Xochimilco utilizan agua de los canales, por lo que este factor debe atenderse en un programa de difusión y capacitación para la eliminación total del uso de bromuro de metilo.

La viabilidad económica de utilizar vapor en lugar de bromuro de metilo ya se ha visto en los proyectos y experiencias anteriores. La adopción del método de vaporización representa una inversión inicial relativamente alta por el costo del equipo, pero la diferencia en los gastos de operación entre utilizar bromuro de metilo o vapor no son significativos (Tabla 7 del Anexo).

Finalmente, aunque en este estudio aunque se encontraron algunas diferencias en el crecimiento y calidad, entre las plantas desarrolladas en sustrato con bromuro de metilo y vapor, estas diferencias no afectan la calidad comercial.

7. CONCLUSIONES.

El bromuro de metilo y la vaporización (vapor) son igualmente eficaces para asegurar la desinfección del sustrato que se utilice en el cultivo de nochebuena. Asimismo se podría utilizar un sustrato nuevo sin desinfectar, siempre y cuando se tenga la seguridad de que no esté contaminado.

La desinfección con vapor es una alternativa técnicamente viable para sustituir al bromuro de metilo en el cultivo de nochebuena. El método de vaporización con el equipo de utilizado en los proyectos representa un método fácil y seguro, para la desinfección del sustrato. Los productores podrían adoptar el método con un equipo de similares características.

Además de que las operaciones de labor con el método de vaporización no son complicadas, el uso de vapor no afecta el ambiente, y también es una alternativa económicamente viable.

8. BIBLIOGRAFÍA.

Bettiol, W. 2006. Productos alternativos para el manejo de enfermedades en cultivos comerciales. Fitosanidad 10(2): 85-98.

Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas S. L. Madrid, España. 341 p.

Díaz, T.; E. Espí; A. Fontecha; J.C. Jiménez; J. López; y A. Salmerón. 2001. Los filmes plásticos en la producción agrícola. Ed. Repsol YPF-Mundi-Prensa. España. 320 p.

Ecke, P. III; J. E. Faust; J. Williams; and A. Higgins. 2004. The Ecke Poinsettia Manual. Ball Publishing. Batavia, Illinois, USA. 287 p.

Hayashi, T.; R. Heins; A. Cameron; and A. W. Carlson. 2001. Ethepon influences height and branching of several herbaceous perennials. Scientia Horticulturae 91: 305-323.

Pizano, M. 1997. Floricultura y Medio Ambiente: la experiencia colombiana. Ediciones Hortitecnia Ltda. Bogotá, Colombia. 351 p.

Raya S., R. C. 2005. Identificación y control de las pudriciones de raíz y cuello de la nochebuena (*Euphorbia pulcherima* WILLD. EX. KLOTZCH.) en Xochimilco, D.F. México. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 62 p.

Stefanova, M. 2006. Aplicación de *Trichoderma* y otros antagonistas. 1. Desarrollo, alcances y retos del biocontrol de fitopatógenos en Cuba. Fitosanidad 10(2): 151.

9. ANEXO.



Foto 1. Desinfección de los sustratos con bromuro de metilo



Foto 2. Vaporización de sustratos



**Foto 3. Plantas de nochebuena del primer experimento
en el momento del trasplante (7 de mayo de 2009)**



Foto 4. Desarrollo del primer experimento después de la primera poda

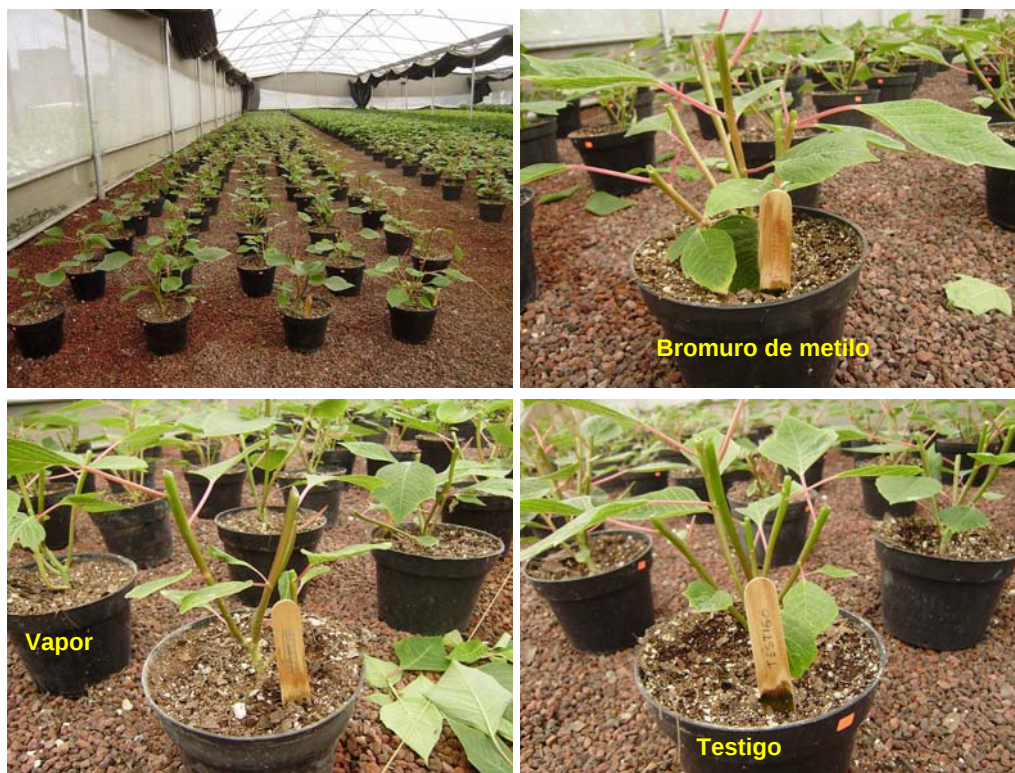


Foto 5. Plantas del primer experimento en el momento de la segunda poda. 24 de julio de 2009



Foto 6. Desarrollo del primer experimento después de la segunda poda



Foto 7. Desarrollo y pigmentación de brácteas en plantas del primer experimento. 27 de octubre de 2009



Foto 8. Apariencia de las plantas del primer experimento en la etapa de comercialización



Foto 9. Plantas del segundo experimento antes de la poda. 9 de julio de 2009



Foto 10. Desarrollo del segundo experimento después de la poda. 5 de agosto de 2009



Foto 11. Desarrollo del segundo experimento después de la poda. 27 de octubre de 2009



Foto 12. Desarrollo del segundo experimento después de la poda. 23 de noviembre de 2009



Foto 13. Plantas del tercer experimento antes de la poda. 5 de agosto de 2009



Foto 14. Plantas del tercer experimento al final del ciclo. 20 de noviembre de 2009



Foto 15. Planta con síntomas de marchitamiento en sustrato tratado con bromuro de metilo, en el vivero de Josefina López Cortés. 9 de julio de 2009



Foto 16. Plantas con problemas de marchitamiento del tratamiento testigo en el primer experimento. 10 de noviembre de 2009



Foto 17. Plantas con problemas de marchitamiento, en el vivero de Esteban Cruz Xolalpa. 23 de noviembre de 2009

Tabla 7. Comparación de costos (USD) de esterilización por m³ de sustrato, entre bromuro de metilo y vapor en Xochimilco, D.F., México. (Costos estimados en noviembre de 2008)

Descripción	Bromuro de metilo	Vapor
Equipo (a)		1.15
Materiales y mantenimiento (b)	0.46	1.89
Infraestructura para esterilizar (c)		0.72
Costo de combustible		5.60
Costo de electricidad		0.01
Costo de agua		0.02
Costo de sustrato	14.27	14.27
Costo de bromuro de metilo	5.64	
Mano de obra	10.68	10.68
Costo de sustrato tratado por m³	31.05	34.34

- (a) Costo del generador de vapor 9,085 USD, con una vida útil (conservadora) de 10 años y 792 m³ de sustrato esterilizado al año. No se considera equipo para aplicación de bromuro, ya que en esta zona no se utilizan dosificadores ni sistemas de inyección.
- (b) Se incluye el costo del ácido muriático para mantenimiento del generador, dos carretillas y cuatro palas para el llenado del remolque, manguera para el agua, aditamentos para conectar la manguera del agua al generador, combustible para el transporte del equipo. En la aplicación de bromuro se considera el plástico para cubrir el sustrato y el equipo de protección de los operarios.
- (c) En el caso del vapor se considera el remolque utilizado en los proyectos piloto con una vida útil (conservadora) de 10 años y 792 m³ de sustrato esterilizado al año.