

PRODUCCIÓN DE CHILE (*Capsicum annuum* L.) A CAMPO ABIERTO CON BIOFUMIGACIÓN DEL SUELO

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, Miguel Agustín Velásquez Valle,
Hilario Macías Rodríguez, Ignacio Sánchez Cohen.



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en
Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera
Gómez Palacio, Durango, Octubre 2013
Folleto Técnico Núm. 30, ISBN: 978-607-37-0128-0

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

**SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACION**

Lic. Enrique Martínez y Martínez
Secretario

Lic. Jesús Aguilar Padilla
Subsecretario de Agricultura

Prof. Arturo Osornio Sánchez
Subsecretario de Desarrollo Social

Lic. Ricardo Aguilar Castillo
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS
PECUARIAS**

Dr. Pedro Brajcich Gallegos
Director General

Dr. Salvador Fernández Rivera
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M. Sc. Arturo Cruz Vázquez
Coordinador de Planeación y Desarrollo

M. A. Francisco González Naranjo
Encargado del Despacho de Administración y Sistemas

∞

Dr. José Antonio Cueto Wong
Director del CENID Relación Agua Suelo-Planta-Atmósfera

**Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

**Av. Progreso No. 5
Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán
C. P. 04010 México, D. F.
Teléfono (55) 3871 - 8700
<http://www.inifap.gob.mx>**

**PRODUCCIÓN DE CHILE (*Capsicum annuum* L.) A CAMPO ABIERTO CON
BIOFUMIGACIÓN DEL SUELO**

ISBN: 978-607-37-0128-0

Primera edición 2013

Derechos Reservados ©

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
Conceptos Básicos.....	3
Biofumigación y el Damping Off.....	4
Damping Off en plántulas.....	4
Damping Off en plantas adultas.....	5
Materiales Orgánicos Usados en la Biofumigación.....	5
Limitaciones de la solarización del suelo.....	8
Ventajas de la Solarización.....	9
Efecto de la biofumigación sobre las propiedades físico-químicas del suelo.....	11
Conceptos de biofumigación y solarización.....	15
Tres sistemas de desinfección.....	15
La Solarización.....	15
La Biofumigación.....	15
La Biosolarización.....	15
DESARROLLO METODOLOGICO.....	16
Descripción del área de estudio.....	16
Diseño experimental.....	16
Correlaciones Pearson.....	17
interpretación de las Correlaciones Pearson.....	17
Actividades Desarrolladas.....	18
Siembra (producción de plántula).....	18
Preparación del Terreno.....	19

Barbecho.....	19
Rastreo.....	19
Nivelación.....	19
Formación de Camas.....	19
Escarda.....	19
Biofumigación del suelo.....	20
Trasplante.....	22
Riego y Fertilización de Plántulas.....	23
Riegos.....	23
Fertilización de Base para el Trasplante.....	24
Control Fitosanitario.....	24
Enfermedades causadas por Hongos Habitantes	
del suelo en el Cultivo.....	25
Tristeza o Secadera.....	25
Pudrición Lateral de las Raíces.....	25
Enfermedades Causadas por Pythium.....	26
Pudrición de la Corona y Raíz.....	26
Control Cultural.....	26
Control Químico.....	27
En la Producción de Plántula.....	27
En el Cultivo en Producción.....	27
Cosecha.....	28
Muestreo de Plantas Enfermas.....	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
Rendimiento	29
En el Primer Año.....	29

Segundo Año del Experimento.....	31
Análisis del Desarrollo del Cultivo.....	32
Altura de Planta.....	32
Porcentaje de plantas Enfermas.....	35
Análisis de Correlación.....	36
CONCLUSIONES.....	39
RECOMENDACIONES GENERALES.....	40
LITERATURA CITADA.....	42

PRODUCCIÓN DE CHILE (*Capsicum annuum* L.) A CAMPO ABIERTO CON BIOFUMIGACIÓN DEL SUELO

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos¹

Miguel Agustín Velásquez Valle¹

Hilario Macías Rodríguez¹

Ignacio Sánchez Cohen¹

INTRODUCCIÓN

El proceso de producción del cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.) está determinado por una serie de factores que favorecen o limitan el desarrollo de esta hortaliza. De los factores que afectan en mayor medida la producción del cultivo son las malezas y las enfermedades radiculares. En nuestro país cada año se siembran más de treinta mil hectáreas de chile Mirasol o Guajillo, distinguiéndose por su gran demanda en el mercado nacional debido a su uso en las comidas tradicionales. Una estrategia para mejorar la producción así como para obtener tolerancia a plagas y enfermedades, es el uso de mejoramiento genético o el tratamiento del suelo con diferentes métodos de desinfección para eliminar microorganismos causantes de enfermedades de la raíz así como las malas hierbas. La biofumigación del suelo es una práctica que se emplea en horticultura, sobre todo en cultivos bajo condiciones de invernadero, y consiste en prevenir los problemas que ocasionan las malezas adaptadas al cultivo y los parásitos

¹ Investigadores del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID-RASPA) del INIFAP. Km. 6.5 Margen derecha Canal Sacramento. 35140. Gómez Palacio, Durango. MÉXICO.
villalobos.arcadio@inifap.gob.mx

establecidos en el suelo debido al monocultivo o por la repetición de un grupo de cultivos como las solanáceas. Estos microorganismos parásitos suelen ser hongos y bacterias los cuales pueden reducir la producción de los cultivos. Sin embargo, existen métodos preventivos y de control cultural que permiten eliminar los patógenos presentes. Las técnicas más usadas para desinfectar el terreno pueden ser tanto físicas, que incluyen el calentamiento del suelo y/o con la aplicación de productos químicos.

En los últimos años en el Valle del Nazas se han detectado daños severos por enfermedades en el cultivo de chile. Los síntomas se manifiestan fundamentalmente en la disminución del desarrollo del cultivo y muerte dejando plantas momificadas, lo que provoca la reducción del número de cortes (cosecha). Sumado a esto, cuando el cultivo alcanza su máximo desarrollo pues estos dañan a las plantas y hacerlo en forma manual es incosteable ya que se requiere una cantidad considerable de jornales. El control químico de maleza, en forma post-emergente, no es recomendable debido al riesgo que se corre de causar daños severos al cultivo por su alta sensibilidad a los herbicidas. Actualmente el control químico de malezas en el cultivo se hace solamente en forma pre emergente, sin embargo, esta protección solo les dura el intervalo de tiempo que hay desde que se planta hasta que se hace la primera escarda. Después de esta práctica, se exponen nuevas semillas de hierbas enterradas las cuales terminan invadiendo el cultivo, dejando al productor sin la posibilidad de controlar el problema. La falta de solución a este problema se debe a que no existen herbicidas selectivos para esta especie para hacer aplicaciones en forma post-emergente.

El problema económico y ecológico que representa el control químico de enfermedades y malezas, hace necesaria la búsqueda de alternativas viables con métodos limpios, ecológicos y rentables económicamente (Alcoser, *et al.*, 2006). La solarización y las enmiendas orgánicas han demostrado ser una excelente alternativa de bioremediación al problema de enfermedades fúngicas y malezas que se han establecido en los suelos de las comunidades chileras del Valle del Nazas, Durango. En el presente folleto se presentan las técnicas de producción de chile a campo abierto usando la biofumigación al suelo como una alternativa al control de malezas y enfermedades causadas por microorganismos habitantes del suelo.

Conceptos Básicos

En la base de datos que maneja la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) se reporta que en México el cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas más cultivadas por su importancia en la dieta del mexicano y por la superficie que se siembra anualmente en el país según el reporte del FOASTAT, 2005 se establecen hasta 110 mil hectáreas. En la actualidad, entre los factores más importantes que limitan su producción se encuentran los fitopatógenos del suelo que son portadores de enfermedades provocadas por hongos, bacterias y virus, (Velásquez *et al.*, 2001). Los hongos de mayor importancia económica para este cultivo son los géneros *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Phytophthora* spp. Éstos son los causantes de la enfermedad que se le llama comúnmente secadera, tristeza o marchitez del chile. De acuerdo con los reportes de fitopatólogos estos microorganismos han invadido todos los estados de la República Mexicana donde se produce este cultivo (Guigon y González, 2001).

La preocupación de la comunidad científica por los peligros ambientales causados por los pesticidas como el bromuro de metilo a la capa de ozono en la atmósfera están buscando las prácticas alternativas para el control químico de plagas y enfermedades (Katan, 1999; Katan, 2005; Iriarte *et al.*, 2011). La solarización del suelo es una práctica de desinfección térmica que tiene aplicación potencial sostenible para el control de enfermedades que afectan las plantas a través del suelo. Inicialmente la solarización fue desarrollada con el objetivo de controlar los patógenos del suelo, sin embargo, en experimentos posteriores mostró un gran potencial como un tratamiento efectivo contra un gran número de parásitos hospedados en el suelo y las malezas incluyendo más de 40 hongos fitopatógenos, algunas bacterias patógenas, 25 especies de nematodos y un gran número de malezas (Stapleton, 1999).

Biofumigación y *Damping Off*

El *Damping-off* está considerado como el complejo de hongos fitopatógenos de mayor importancia económica, que produce la muerte de plantas en los almácigos, invernaderos y a campo abierto. En este folleto se presentan las formas de transmisión e infección, los métodos de análisis y las especies fúngicas encontradas en plántulas de Chile (*Capsicum annuum* L.), bajo condiciones de Invernadero y campo abierto (Soldevilla, 1995). Algunas enfermedades presentes en cultivos de importancia agrícola, como el "*damping-off*" o marchitamiento fúngico, la podredumbre de la raíz, la mustia hilachosa, el cáncer del tallo, la pudrición de la corona, yemas y frutos, y la quemazón del follaje, son causados por la presencia del hongo fitopatógeno *Rhizoctonia solani* (Blazier y Conway 2004).

***Damping-off* en plántulas.** Este se puede presentar desde que se establece la semilla en las charolas para producción de plántula, hasta los 70 a 80 días, de edad de la planta en que es viable para el trasplante en campo. Cuando la plántula emerge a través del sustrato puede ser invadida por el hongo a través de las primeras raíces hasta el hipocótilo y el síntoma se presenta como pudrición del cuello radicular. La parte

aérea comienza por secarse y se observan las hojas cotiledonares con un café oscuro las cuales quedan momificadas y pegadas al tallo (Soldevilla, 1995).

Damping-off en plantas adultas. Afecta cuando el tallo aún no ha lignificado o sea que todavía no tiene corteza dura, ni tallo verdadero. Esto puede ocurrir en semilleros o en el campo, desde la germinación, hasta 15 ó 20 días después (Solano y Brenes, 2012). Los marchitamientos producen una lenta podredumbre del sistema radical, seguido de grietas longitudinales en la zona del cuello, dando como resultado final el estrangulamiento definitivo de la raíz y muerte de la planta la cual ocurre por falta de agua y nutrientes los cuales no pueden pasar a través del cuello debido a que este se encuentra obstruido por la invasión del hongo (Soldevilla, 1995; Cordero y Arevalo, 2013).

Materiales Orgánicos Usados en la Biofumigación

El concepto de "biodesinfección", se considera como una fusión de dos métodos alternativos al uso del control químico, desarrollados para la prevención y control de microorganismos patógenos que existen en el suelo. Uno de ellos consiste en la biofumigación con enmiendas orgánicas incorporadas al suelo que liberan gases fumigantes. El otro es la biosolarización que consiste en tapar el suelo con una película de plástico para que los rayos del sol aumenten la temperatura en el mismo hasta temperaturas que matan los microorganismos fitopatógenos. Es decir, mientras que en la biofumigación se produce el compostado de la materia orgánica poco descompuesta enterrada en presencia de humedad permanente a capacidad de campo, y acompañado o combinado con la biosolarización, se obtiene una fórmula biotérmica con una alta eficiencia de prevención y control. El composteado se mantiene desde 4 a 8 semanas junto con la solarización.

Las Brassicas (*Col o Repollo, Nabo, etc.*) por ejemplo, son eficientes en capturar y almacenar nitrógeno mineral y de esa manera impedir su lixiviación, dejando este elemento disponible para el cultivo siguiente cuando son incorporadas al suelo. Existen

numerosos antecedentes del efecto de los residuos de brassicas, sorgo, estiércol y rastrojo de pimiento en el control de nemátodos. La incorporación de brassicas redujo significativamente la incidencia de hongos patógenos como *Sclerotinia minor* en cultivos de lechuga, pero no fue muy efectiva para reducir la población de *Fusarium spp.* Otros compuestos y mecanismos, no relacionados con los glucosinolatos encontrados en las Brassicas, como la liberación de compuestos azufrados (metanetiol, dimetil sulfuro, disulfuro de carbono y dimetil disulfuro) o algunos ácidos grasos pueden contribuir a controlar plagas y enfermedades. Además la hidrólisis de los glucosinolatos puede liberar compuestos diferentes a los isotiocianatos como los nitrilos, epinitrilos, y tiocianatos iónicos. La incorporación de materia orgánica aumenta la población de antagonistas en el suelo (Mitidieri, *et al.*, 2009).

La biofumigación con estiércoles u otros restos orgánicos deben cumplir con ciertas características para que tengan una función biofumigante. El material orgánico deberá estar en las primeras fases de descomposición, lo que no sucede con la materia orgánica aportada normalmente como abono, que se trata de materias orgánicas estabilizadas (secas y avanzadas en su mineralización y/o humificación). Así resulta necesaria una relación C/N de entre 8 y 20 para que la aplicación de esta materia orgánica tenga efecto biofumigante (producción de amonio y nitratos y favorecimiento de enzimas con actividad biocida). Las dosis de aplicación oscilan entre las 25 y 50 ton ha^{-1} , según el tipo de material utilizado y de la presión de patógenos en el suelo en biofumigar. Cuando las poblaciones de patógenos son elevadas las dosis de enmiendas orgánicas pueden ser máximas (50 ton ha^{-1}), si bien se pueden reducir el volumen que se maneje, aplicando la materia orgánica por surcos. Cuando las presiones de patógenos no son tan elevadas y el objetivo principal de la biofumigación es que el suelo tenga una capacidad amortiguadora, las dosis se pueden reducir a valores alrededor a las 20 a 25 ton ha^{-1} (Bello *et al.*, 2003). Cuando la relación C/N disminuye por debajo del rango óptimo (14-20), en este sentido, se plantea que en suelos con relación C/N por debajo de este rango, se mantiene la actividad nematicida, pero puede causar toxicidad a las plantas.

Existen diferentes materiales orgánicos en los cuales se han estudiado los efectos biofumigantes. Estiércoles de cabra, oveja, vaca y gallina, residuos de cultivos de arroz, de industrias forestales y de papel, residuos de industrias de pescado y marisco, numerosos subproductos agrícolas (incluso de jardín), así como los residuos procedentes de plantas que presentan compuestos con efectos alelopáticos. Para el estiércol, se tiene que procurar que durante su transporte y almacenaje no se pierdan los gases producidos en la biodegradación; esto se logra cubriéndolos con plásticos u otros materiales hasta el momento de la aplicación. El biofumigante se tiene que esparcir uniformemente para que no aparezcan focos de patógenos que puedan recolonizar el espacio, y se tiene que incorporar cuanto antes mejor (Bello *et al.*, 2003).

La solarización del suelo es muy usada en invernaderos de plástico en las condiciones del sur de España. La biofumigación consiste en la incorporación de abono orgánico fresco en el suelo en las parcelas a ser solarizadas. La descomposición de la materia orgánica produce gases tóxicos debajo del plástico y fortalece los efectos biocidas. Normalmente el suelo debería ser removido después de la solarización o la biofumigación para permitir que los gases escapen del suelo antes de la siembra por la toxicidad que puedan presentarse para las plantas del cultivo (Montserrat, 2001).

Al integrar un sistema combinado de solarización y biofumigación se asegura un efecto benéfico sobre el control de los patógenos del suelo, ya que las altas temperaturas acentúan el efecto de la biofumigación al aumentar la liberación de sustancias volátiles debido a que la mayoría de los gases se mueven más rápido con temperaturas altas. Algunas bacterias y hongos resultan muy tolerantes a los isotiocianatos liberados durante la descomposición de residuos orgánicos, entre ellos especies de *Trichoderma* como las cepas de *harzianum* y la *viride*, lo cual es bueno ya que algunas de estas cepas se consideran antagonistas de hongos patógenos como *Phytophthora capsici* y *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus repens*, *Mucor petrinularis*, *Penicillium parvum*, *Rhizopus cohnii* y las Bacterias, *Pseudomonas* sp y *Bacillus* sp. Esto sugiere que la biofumigación puede provocar un cambio en la composición de la microflora del suelo y aumentar la proporción de antagonistas. La

aplicación reiterada de este método de control puede influir en el incremento de bacterias que degradan los isotiocianatos en el suelo (Pereyra *et al.*, 2008).

Limitaciones de la solarización del suelo

-Las principales desventajas que se pueden mencionar a la solarización del suelo en la práctica son el tiempo que debe estar el plástico sobre el suelo y la dependencia climática (requiere alta radiación solar). El costo de la solarización es relativamente bajo en comparación con otras alternativas disponibles. Sin embargo, puede ser un factor limitante dependiendo del país, el tipo de cultivo, el sistema de producción (por ejemplo orgánico versus agricultura convencional) y el costo y la disponibilidad de alternativas (Pereyra *et al.*, 2008).

-Otros efectos desfavorables de la solarización del suelo son: a) limitaciones geográficas en México u otro país, en donde el método puede ser utilizado en cuanto a la disponibilidad de radiación solar; b) el suelo no se puede utilizar porque está ocupado por al menos un mes con el acolchado de plástico; c) aunque es más barato que la mayoría de los químicos utilizados para la fumigación del suelo, no todos los cultivos pueden pagar los precios del plástico; d) el plástico no puede ser reutilizado cuando se deteriora por los daños causados por el viento y los animales; e) aún no se acepta totalmente el uso de los plásticos en la agricultura (de acuerdo con los ambientalistas); y f) no todos los patógenos del suelo y las malezas están suficientemente controladas (Pereyra *et al.*, 2008).

-Las técnicas de solarización sólo se pueden utilizar en verano y en áreas con temperaturas altas, por lo que son de gran interés las estrategias que permitan la utilización de la técnica en épocas frías y en países con temperaturas bajas así como el incremento de su eficacia para organismos como los nematodos formadores de nódulos.

Ventajas de la Solarización

La Solarización de los suelos como herramienta para el manejo de control de hongos patógenos con métodos no químicos, se ha demostrado que es más rentable y beneficioso que el bromuro de metilo o algunos otros tratamientos, especialmente en cultivos más rentables, pero que requieren una inversión económica alta (Stapleton *et al.*, 2005). Las tecnológicas como el acolchado del suelo con plástico u otras técnicas de acolchado, facilita la aplicación y uso de solarización del suelo en la agricultura.

-No tiene efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud de los consumidores, tampoco presenta limitaciones para su utilización en un manejo integrado de los cultivos e incluso en la agricultura sostenible.

-Estas técnicas pueden tener precios altamente competitivos, principalmente por utilizar subproductos agrícolas cuya comercialización implica procesos sencillos y de bajo costo.

La reducción o prohibición de la utilización del bromuro de metilo (BM) para la desinfección del suelo en los últimos años, ha desencadenado una serie de trabajos de investigación tendientes a buscar alternativas a la desinfección química. Los métodos más prometedores y de mayor eficacia, son aquellos basados en la incorporación de enmiendas orgánicas para biofumigar el suelo, ya sea solas o en combinación con la solarización parecen ser los más prometedores. Este método implica la incorporación de materia orgánica nueva, fresca, en sus primeras etapas de descomposición al incorporarse al suelo y el humedecimiento del suelo a través de un riego, el cual se cubre posteriormente con un plástico (de preferencia transparente) durante 8-15 semanas dependiendo del clima de la región donde se va a usar esta tecnología. En el caso de los fumigantes del suelo la búsqueda de alternativas se centra en la materia orgánica y los subproductos agrarios que con su descomposición en el suelo producen gases y sustancias biocidas o biostáticos que pueden regular las poblaciones de

organismos parásitos o patógenos, estableciendo el concepto de biodesinfección de suelos (Díez, 2010).

La solarización es un proceso natural de desinfección hidrotermal del suelo que se produce por el calentamiento del suelo húmedo, facilitado por el recubrimiento del mismo con una envoltura plástica que retiene la radiación solar, hasta niveles letales para los hongos patógenos (36 a 50° C; Katan, 1981). Se hace la advertencia anterior para que la prevención y control de patógenos del suelo con este método de desinfección sea eficaz a la profundidad a que se encuentren los hongos, bacteria y nematodos, ya que este método deja de ser efectivo a partir de 30 cm (Lacasa *et al.* 2004).

La descomposición de la fuente de carbono en el suelo húmedo o mojado por microorganismos anaerobios reduce el contenido en oxígeno por debajo del plástico es un proceso que se ha llamado "desinfección biológico" (Blok *et al.*, 2000) o "esterilización reductiva del suelo" (Martínez *et al.*, 2011). Las condiciones anaeróbicas aumentan las actividades de los microorganismos en el suelo, que tienen un efecto supresor sobre patógenos y parásitos (Oka, 2010). La acción combinada de enmienda orgánica y solarización ha demostrado su eficacia en el control de *Phytophthora capsici* en cultivos de chile dulce o pimiento. El proceso de desinfección del suelo fue llamado "biodisinfección" (Núñez-Zofio *et al.*, 2011). En estos procesos, se añaden los efectos de la pasteurización y anaerobiosis, por el efecto de la temperatura y de los gases liberados durante la descomposición de la materia orgánica, tales como amoníaco y ácido nitroso (Lazarovits, 2001; Tenuta y Lazarovits, 2002; Arriaga *et al.*, 2011). Aunque las características de la materia orgánica (poco descompuesta o muy descompuesta) se consideran como elementos críticos para el control de patógenos en general, las mismas características parecen no tener un gran impacto sobre el control de algunos patógenos producidos en condiciones anaeróbicas (Bonanomi *et al.*, 2007).

Efecto de la biofumigación sobre las propiedades físicas-químicas del suelo.

La biodesinfección de suelos incrementa su eficacia cuando se tienen en cuenta criterios agronómicos en relación con su manejo, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, reduciendo el consumo de agua y fertilizantes. La materia orgánica con una relación C/N entre 8 y 20 puede ser eficaz en la biodesinfección de suelos, siendo de naturaleza diversa, tanto sólida como líquida, que en un contexto dinámico del proceso da lugar a la generación de gases como ocurre con la biofumigación (Diez, 2010).

Pereyra *et al.*, (2008) mencionan que la biofumigación con gallinaza incrementó el contenido de materia orgánica y de nutrientes de suelo, lo que indujo aumentos en la capacidad de retención de agua, conductividad eléctrica (CE) y pH. El contenido de nitrógeno (N) total se duplicó, en tanto que el fósforo (P) se triplicó y el sodio (Na) y el potasio (K) aumentaron cinco y siete veces más respectivamente, en relación al testigo. Los altos valores de Na fueron compensados por el incremento en los contenidos de calcio (Ca) y magnesio (Mg). Esto se tradujo en una mayor fertilidad, reflejada en el incremento de la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C), de acuerdo con otros autores (Bello *et al.*, 1999, Bello *et al.*, 2000). Sin embargo, de manera general, los diversos materiales empleados, elevan o mantienen en proporciones aceptables el contenido de materia orgánica después de su aplicación (Bello *et al.*, 2001; Garveba *et al.*, 2004).

Por otra parte se ha reportado que el uso de estiércol en el proceso de biofumigación provoca el incremento en la conductividad eléctrica y esto se podría explicar por el aumento en el contenido de los nutrientes como Ca, Na y Mg, aunque es importante el valor que se alcanza por la adición de un material orgánico, estos están dentro de los límites de tolerancia (Bello *et al.*, 2000).

También se ha mencionado que el valor de pH se eleva, lo que hace necesario su ajuste mediante la acidificación del agua de riego y/o el uso de fertilizantes de reacción ácida. En un trabajo donde se hizo la biofumigación con salvado de trigo sólo provocó incrementos en el contenido de materia orgánica en un 2.0% y de P en un 50% con respecto al testigo (Pereyra *et al.*, 2008). El efecto benéfico de la biofumigación sobre el incremento de la fertilidad del suelo fue reportado por Bello *et al.*, (2000) mencionando que se tiene un efecto secundario, debido a que los compuestos aportados que influyen sobre la estructura del suelo los cuales provocan una mejora en las propiedades físicas.

En un estudio realizado por Gómez *et al.*, (2011) encontraron que los resultados del análisis químico del suelo antes y después de la biodesinfección mostraron variaciones en la composición físico-química del mismo. El contenido de materia orgánica (MO), nitrógeno (N), carbono (C), sodio (Na) y magnesio (Mg) aumentaron ligeramente, en tanto que el fósforo (P) disminuyó en pequeñas proporciones y el potasio (K) se redujo a la mitad de su contenido inicial. El calcio (Ca) se mantuvo sin variaciones aparentes y el pH mostró niveles alcalinos. El pH se mantuvo en el rango alcalino, óptimo para que exista una adecuada actividad biológica. Estas condiciones favorecen la liberación y estabilidad del amonio en la atmósfera del suelo ya que existe gran cantidad de amonio libre en el agua (Garveba *et al.*, 2004).

La disminución del contenido de potasio pudo deberse a su utilización en las reacciones enzimáticas llevadas a cabo por microorganismos del suelo para la síntesis de compuestos energéticos durante la descomposición de la materia orgánica. En este caso, el material orgánico empleado presenta un alto contenido de lignina, lo cual requiere de un mayor gasto energético de los microorganismos y, por ello, el proceso de mineralización es más lento.

Los materiales orgánicos procedentes de tallos, compuestos por largas cadenas carbonadas, como por ejemplo la corteza del mangle, con altos contenidos de lignina, demoran más tiempo en ser descompuestos por los microorganismos del suelo, que los de cadenas más cortas presentes en las hojas. Además, si el material en

descomposición es un abono de Brassicáceas, los glucosinolatos presentes en sus tejidos se hidrolizan por la acción de la enzima mirosinasa produciendo diferentes tipos de isotiocianatos, con variable grado de toxicidad frente a los hongos patógenos y otros organismos (Kjaer, 1976; Harding y Wicks, 2001; Yulianti *et al.*, 2008; Molina-Vargas y Bentura-Castellanos, 2009).

Los resultados del uso de un material orgánico que se sometió a un tratamiento de semi-composteo se observaron algunos efectos sobre las propiedades físicas del suelo. La densidad aparente disminuyó en el estrato de 20 a 30 cm hasta 1.17 g cm^{-2} , con respecto al testigo el cual mantuvo una densidad aparente de 1.32 g cm^{-2} . Por otro lado, el semi-composteo y los tratamientos con Brassicáceas tuvieron una mayor velocidad de infiltración del agua en el suelo con 139 y 183 cm respectivamente en comparación con el testigo en el cual se midieron solo 42 cm de infiltración. Al final del cultivo en el ciclo de invierno, los tratamientos semicomposteo aumentados, brasicas y con acolchado, mantuvieron los valores de pH (6.7 a 6.8). Además, el tratamiento de con material no compostado aumentó significativamente los valores de P_2O_5 , Cl^- , Na^+ y Zn^{2+} en relación con el testigo (Guerrero *et al.*, 2010; Nuñez *et al.*, 2011).

En el Valle del Nazas, Durango, los productores dejan de ganar hasta un 40% de los ingresos potenciales por abandonar sus parcelas antes de tiempo debido a las altas infestaciones de malezas y un alto índice de mortandad de plantas por enfermedades. Según Pérez *et al.*, (2003) las pérdidas estimadas a nivel nacional oscilan entre un 10 y un 60%, mientras que en áreas específicas del Bajío en Guanajuato y en el estado de Puebla, estas alcanzan hasta el 100% por estos problemas. Se han utilizado diversos métodos para controlar esta enfermedad, siendo las prácticas culturales (Ristaino, 1991) y el control químico los más empleados (Parra y Ristaino, 2001). Sin embargo, el control biológico ha tomado una gran relevancia en los últimos años.

En los últimos años la región chilera de valle del Nazas ha cobrado un poco de empuje económico a través de la siembra de chile mirasol o guajillo para deshidratar, ya que cuentan con una deshidratadora, y eso les permite una mayor eficiencia en la

comercialización de este producto. Este nuevo panorama representa una oportunidad para la toma de decisiones en relación al desarrollo de la agricultura en la comunidad. Esta situación hace que los productores tomen decisiones por conveniencia y no por sentido común de los problemas que se genera al desarrollar una agricultura de monocultivo.

Conscientemente se sabe que existe un problema específico como el de las enfermedades del cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.), sobre todo el complejo conocido como *damping off* o también conocida como la marchitez del chile en nuevas plantaciones y diferentes zonas de la región del Valle del Nazas, Durango. Este problema siempre ha representado un reto para los técnicos en lo que respecta a la dificultad en el control de la misma, obligan a desarrollar nuevas medidas de control. Se espera que las mismas apoyen mejores expectativas para el control de la enfermedad en el contexto de una estrategia de manejo integrado (Mojica-Marín, *et al.*, 2009). La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de estiércoles, compostas y abonos verdes, tendrá efectos benéficos sobre el desarrollo de los cultivos subsiguientes ya que mantendrán el suelo cubierto protegiéndolo de la erosión en cultivos al aire libre, aumentará el contenido de materia orgánica del suelo, mejorando la estructura y la penetración del agua en el mismo.

El principal objetivo de los productores es obtener beneficios de la agricultura y la meta que persiguen es maximizar la producción. Los síntomas de la "Marchitez" de la planta de chile se reconoce cuando la parte aérea de una planta ocurren síntomas de falta de agua y las hojas se observan deshidratadas y colgantes, sin causa aparente. Además de la marchitez causada por *R. solanacearum*, en las solanáceas como el chile y el tomate, se asocian tres enfermedades que provocan síntomas de Marchitez: la Marchitez por *Fusarium* causada por el hongo *Fusarium oxysporum*; Formación de esclerocios en la raíz provocada por el hongo *Sclerotium rolfsii*, el cual afecta tallos hojas y frutos. Se presenta una podredumbre blanda sin mal olor y se observa un abundante micelio blanco algodonoso y esclerocios blancos en la raíz que se tornan

negros; y la Marchitez por pudrición de raíz y tallo causadas por especies del hongo *Phytophthora*. El combate de todas las enfermedades arriba mencionadas requiere de medidas específicas a la naturaleza del organismo que las causa; en consecuencia, sólo pueden combatirse efectivamente si se conoce la causa real de la Marchitez.

Conceptos de Biofumigación y Solarización

Tres sistemas de desinfección:

La Biofumigación se puede combinar con solarización, manteniendo el plástico en su lugar por un período de 1 a 2 meses, aunque se ha observado que este disminuye la diversidad biológica del suelo. Se recomienda el uso de los recursos locales como biofumigantes (estiércoles, residuos de cosecha, composta y abonos verdes), ya que el principal factor limitante en el uso de la biofumigación es el costo del transporte de la materia orgánica.

1) **La solarización** consiste en la colocación de una lámina o cubierta de plástico transparente o de color negro de 200 galgas (0.050 mm) sobre el suelo que se va a desinfectar.

2) **La biofumigación** es la incorporación de materia orgánica fresca (estiércol, abonos verdes) o algo más específico por su efectividad, la incorporación al suelo de restos de cultivos de Brassicas (repollo, coles, brócoli o coliflores).

3) **La Biosolarización o Biodesinfección** consiste en la incorporación de materia orgánica fresca o restos de cultivos de Brassicas (coles, brócoli o coliflores) y en seguida se procede a colocar el plástico sobre el suelo después de hacer un riego pesado para humedecerlo.

En los tres sistemas debe aplicarse riego abundante sin acolchado con plástico o con la colocación del plástico.

DESARROLLO METODOLÓGICO

Descripción del Área de estudio

El experimento se estableció en el Ejido 25 de Diciembre en el municipio de Nazas en el estado de Durango en la parcela de un productor cooperante de la localidad. Nazas se ubica en el estado de Durango en las coordenadas geográficas latitud $25^{\circ} 22' 75''$ y longitud $-104^{\circ} 11' 38''$ a una altura de 1,250 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Diseño Experimental y Tratamientos

El trabajo se desarrolló durante dos ciclos de cultivo correspondientes a primavera-verano de los años 2012 y 2013. El diseño experimental que se usó fue un arreglo de bloques completamente al azar, con 4 tratamientos y con 4 repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes: 2 con incorporación de residuos orgánicos (en el primer año se usó estiércol de cabra y planta de triticale en una dosis de 30 y 10 t ha⁻¹ respectivamente; y en el segundo año se usó estiércol de bovino y Repollo o Col con las mismas dosis por hectárea; 1 con acolchado con plástico y el tratamiento testigo (manejo convencional del productor, con fertilizante químico). En los dos años del experimento, se aplicaron los tratamientos del estiércol y el abono verde y acolchado con plástico en el mes de marzo.

La biofumigación consistió en la incorporación al suelo de estiércol de cabra y de bovino y como abono verde se usó planta de triticale y repollo (en los tratamientos correspondientes), para el primero y segundo año respectivamente. Los materiales utilizados se seleccionaron porque liberan una serie de compuestos en forma de gas (principalmente amoníaco e isotiocianatos) al descomponerse, los cuales llegan a ser letales para los microorganismos patógenos que se encuentran en el suelo y dañan los cultivos.

Los tratamientos que se evaluaron fueron los siguientes:

1. Testigo: Un testigo sin aplicar ningún método de desinfección y el manejo tradicional del productor (T)
 2. Bio-fumigación con estiércol de cabra seco en el primer año y en el segundo año se usó estiércol de bovino lechero y acolchado con plástico (B+E+A)
 3. Bio-fumigación con abono verde de triticale verde picado en el primer año, y en el segundo se usó repollo (Col) y acolchado con plástico (B+AV+A)
 4. Un tratamiento con solarización (acolchado con plástico, Solarización = A)
- Tratamiento con labranza de cero y solarización este se incluyó solamente en el primer año (LC + A). Después de la incorporación de los materiales orgánicos al terreno, procedió a cubrir el suelo con plástico negro durante 8 semanas.

Correlaciones Pearson

Para hacer el análisis de la relación que existe entre las variables medidas como los porcentajes de plantas enfermas y el de sobrevivencia con respecto a los índices de cosecha de chile fresco y seco, se hicieron análisis de correlación Pearson. En estadística, el coeficiente de correlación de Pearson es un índice que mide la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. De manera menos formal, podemos definir el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

Interpretación del análisis de correlación

El valor del índice de correlación varía en el intervalo (-1,1):

- Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada *relación directa*: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.

- Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.
- Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada *relación inversa*: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

Actividades Desarrolladas

Las actividades que se desarrollaron al inicio del ciclo del cultivo en el año 2012 y 2013 fueron los mismos pasos para la producción de plántula y el proceso sobre la preparación de los tratamientos donde se incorporaron los materiales para la bio-umigación del suelo y acolchado con plástico. A continuación se describen estas actividades:

Siembra (Producción de Plantula)

Las plántulas se obtuvieron en charolas bajo condiciones de invernadero. Las semillas se sembraron charolas de 200 cavidades, las cuales se llenaron con un sustrato estéril a base de turba. Después de llenar las charolas, se hicieron hoyos en el sustrato para la siembra depositando una a dos semillas por cavidad. Posteriormente se cubren con el propio material para facilitar la emergencia de las plántulas. Las charolas con las semillas sembradas se acomodaron en pilas de 10 a 15 charolas y se cubrieron con plástico para mantener la humedad, elevar la temperatura y acelerar la germinación. Se revisaron diariamente hasta que se observaron las primeras plántulas emergidas, al observar esto se extienden las charolas colocándolas en bancales dentro del invernadero. La semilla que se usó fue de chile mirasol criollo (pulla) que se obtuvo de las reservas guardadas de cosechas anteriores por los productores de la región los cuales hacen su propia selección para la siembra del siguiente año.

Preparación del Terreno

Barbecho: Para realizar esta operación se usa un arado de discos o vertedera con el cual se hace un barbecho removiendo el suelo de la capa que se encuentra entre los 25 a 30 cm de profundidad, este trabajo se recomienda hacerlo entre los meses de marzo a mayo.

Rastreo: El rastreo se hace después del barbecho, en los siguientes 20 a 30 días con una rastra de discos. Cuando la textura del suelo es pesada (arcillosa/barrosa) y que los terrones no se rompieron hasta el tamaño deseado, es probable que se necesite hacer un segundo paso de rastra para desmenuzar los terrones a un tamaño pequeño, hasta tener una estructura granular que sería lo deseable.

Nivelación: Es parte del proceso de preparación para el trasplante del cultivo. El principal objetivo de esta operación es facilitar manejo del agua al momento del riego y la cosecha. Permite el humedecimiento homogéneo del suelo evitando los encharcamientos y con ello disminuir el riesgo de enfermedades radiculares.

Formación de camas: con un implemento conocido como bordeadora de doble disco se levantan bordos altos con una separación de 1.20 m entre uno y otro cuando se va a plantar una hilera de plantas por bordo. Pero cuando se piensa sembrar a doble hilera las camas deben quedar a 1.80 m entre una cama y la otra, y 60 cm entre hileras.

Escarda: Esta operación se puede realizar de 1 a 3 veces con varios propósitos; controlar maleza presente antes de plantar y la que emerge después del trasplante, cuando la altura de la planta permite el paso de maquinaria; otro objetivo es conservar la humedad, rompiendo la capilaridad del suelo al cerrar grietas; también sirve para acercar más suelo a la base de la planta para que tenga mayor anclaje.

Biofumigación del Suelo

-Es una técnica fácil que los productores y técnicos pueden implementar y aplicar, ya que consiste en la incorporación de materia orgánica al suelo, sin embargo, deberán saber que enmienda orgánica van a utilizar como biofumigante y en el método de aplicación. El biofumigante (estiércol, residuos de cosecha, residuos agroindustriales, composta, abonos verdes) debe estar en el proceso de descomposición.

-El método de aplicación debe tener en cuenta la necesidad de mantener atrapados los gases del biofumigante, entre el suelo y el plástico, que se producen en la biodegradación de la materia orgánica durante al menos dos semanas, ya que su efecto en la mayoría de los casos no es biocida, sino más bien biostático. Esto se debe hacer en aquellos casos en que solo se usará la biofumigación sin combinarla con la solarización.

-Es necesario prolongar el período de confinamiento de los gases para hacerlo más eficiente sobre los patógenos durante todo el transcurso del tiempo. Se ha demostrado que cualquier residuo agroindustrial con una relación C:N entre 8 y 20 pueden tener un alto efecto biofumigante, y que puede ser identificado por el agricultor por el olor característico del amoníaco. Sin embargo, deberá considerar el hecho de, que no sólo los derivados nitrogenados tienen un efecto biofumigante. Por lo anterior, es necesario hacer una caracterización de los residuos agro-industriales antes de su aplicación, como biofumigantes (Bello *et al.*, 2000; Guerrero *et al.*, 2009).

-Los materiales orgánicos apilados o almacenados en el campo, se deben cubrir con plástico hasta el momento de la aplicación para no perder los gases producidos a partir de biodegradación, y este no pierda su poder como biofumigante (Willer *et al.*, 2000; Guerrero *et al.*, 2009).

-Según Bello *et al.*, (2000) se recomienda una dosis de 50 t ha^{-1} (de la enmienda orgánica que se usará), aunque cuando los problemas con nematodos u hongos son muy graves, 100 t ha^{-1} debe aplicarse, una dosis que se puede manejar por medio de

técnicas de cultivo tales como la aplicación en surcos (Willer *et al.*, 2001; Guerrero *et al.*, 2005).

-También es recomendable hacer uso de residuos agrícolas con abono verde, especialmente de brassicaceae (Coles o repollos), usando 5-8 kg m⁻² de materia verde, aunque las combinaciones de leguminosas y la hierba se pueden aplicar. En el caso de la utilización de abonos verdes cultivadas en el mismo campo, plantas de crecimiento rápido se deben utilizar para ser incorporado al menos 30 días después de haber sido plantada, para evitar el aumento de las poblaciones de patógenos (Lacasa *et al.*, 1999; Bello *et al.*, 2000; Guerrero *et al.*, 2004).

-El material biofumigante debe distribuirse sobre el suelo de manera uniforme, para cubrir las áreas donde se pueden concentrar los patógenos. Una vez que el biofumigante se distribuye, se incorpora inmediatamente en el suelo por medio de una rastra ligera, dejando la superficie del suelo suave con la aplicación del nivelador de una cuchilla o un tablón.

-El paso a seguir es aplicar el riego por inundación, hasta que el suelo se sature, también se puede manejar el riego por goteo y/o aspersión si se tiene instalado. Esta etapa del proceso es importante resaltar que la humedad en el suelo ayuda a mejorar la actividad microbiana al momento de la descomposición del material biofumigante.

-Uno de los pasos más importante es cubrir el suelo con plástico (plástico transparente o negro de 200 galgas, 50 micras ó 0.050 mm) durante al menos cuatro semanas para retener los gases producidos a partir de la biodegradación de la materia orgánica. Entre más tiempo dure la cubierta con el plástico se incrementa la eficacia de la técnica.

-Después del el tiempo requerido para permitir el proceso de biofumigación se inicia el trasplante del cultivo programado para su siembra sobre el terreno tratado y desinfectado.

Trasplante

Esta operación que se hizo al establecimiento del cultivo en el sitio definitivo de la plantación al suelo en el que se realizó la biofumigación para los tratamientos establecidos. En el testigo donde no se biofumigó antes de pasar las plantas del semillero (Charola de cavidades) al suelo, el productor aplicó como el metan sodio, 1.3 dicloropropeno, para prevenir el ataque de plagas y enfermedades.

Recomendación: Si el sistema de producción es a campo abierto y el trasplante se realizará a raíz desnuda se recomienda la mezcla que se detalla a continuación en la desinfección de raíces. Se recomienda que el trasplante se haga por la tarde, así la planta no sufrirá una exposición prolongada al sol evitando deshidratación de la plántula. Se deben seleccionar plantas con un desarrollo de 12 a 15 cm, con 5 a 10 hojas y que no presenten daños o deficiencias nutrimentales. En este momento es aconsejable sumergir las raíces de las plántulas en una mezcla de Pentachloronitrobenzene (PCNB) y Captan o de 2-tiocianometiltio benzotiazol (TCMTB) en una solución de 2 ml por litro de agua.

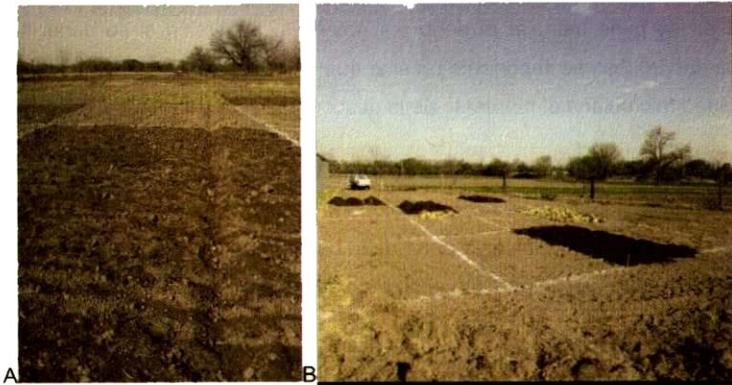


Figura 1. Distribución de los tratamientos para la incorporación de los tratamientos en el primer año (A) y segundo año (B). Biofumigación para lograr una acción fumigante de las sustancias volátiles procedentes de la descomposición de la materia orgánica en el control de los patógenos de los vegetales.

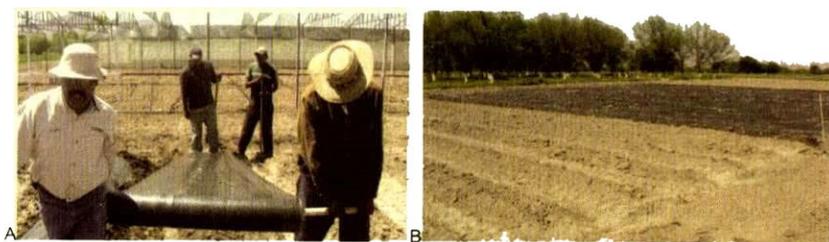


Figura 2. Colocación del plástico sobre suelo después de haber incorporado los materiales orgánicos o biofumigantes (A); (B) el plástico ya colocado después de aplicar el riego. Se deja de 6 a 8 semanas de solarización para lograr el proceso natural de desinfección térmica del suelo que se logra a través de la captura de radiación solar en un suelo húmedo cubierto por una lámina de plástico transparente.

Riego y Fertilización de plántulas

Se aplicaron riegos diariamente con un sistema de aspersión y en el mismo flujo se incluyeron fertilizantes y fungicidas cuando estos estaban programados. Si el sustrato es pobre en nutrientes, puede auxiliarse a la planta con una solución a base de nitrógeno, fósforo y potasio en dosis de 90-90-90 disueltos en 200 L de agua, la cual se agregó posteriormente en el sistema de riego; esta solución se deberá aplicar dos o tres veces por semana como agua de riego.

Riegos

Después del trasplante se usó el método de riego por gravedad, con agua de río, dejando que el agua inundara los surcos entre las camas hasta que el agua llegara hasta los bordes de las camas de siembra. Se aplicaron riegos cada 8 a 12 días entre uno y otro. Para lograr lo anterior, el riego de trasplante que requiere una lámina de 20 cm. Para asegurar el éxito del trasplante el riego debe de ser profundo y uniforme en la parcela. El número de riegos que se apliquen al cultivo varía dependiendo de las características de la variedad y las condiciones de clima en el ciclo del cultivo. Esta variedad produce una planta hasta de 90 cm de altura y por supuesto desarrolla un sistema radicular abundante y un tallo leñoso, por lo que la humedad debe ser

suficiente para lograr un mejor desarrollo, y se recomienda regar una vez por semana o cada 12 días.

Fertilización de Base para el Trasplante

La fertilización nitrogenada y potásica se fraccionaron en dos partes para fertilizar después del trasplante y cuando inicio la floración. Se aplicó todo el Fósforo una semana después del trasplante junto con la primera aplicación de nitrógeno y potasio de acuerdo con la fórmula 200-90-180 de N, P₂O₅, K₂O.

Si el cultivo se maneja con riego por gravedad es recomendable aplicar una parte de la dosis del fertilizante nitrogenado y todo el fósforo en el suelo al momento de la preparación del surco. Como fuentes se pueden usar 18-46-00 a razón de 250 kilogramos por hectárea.

Después del trasplante se recomienda aplicar 100 kilogramos de nitrato de amonio y después de la floración en la etapa de amarre de fruto, aplicar una tercera aplicación de nitrógeno con 100 kilogramos de nitrato de amonio. Se debe tener en cuenta también el contenido de humedad del suelo. De acuerdo con la sintomatología de la planta, se recomienda la aplicación de Calcio, Magnesio y Boro para darle consistencia, buen amarre y color al fruto.

Control Fitosanitario

El control de hongos patógenos del suelo se realizó solamente en el tratamiento testigo para no interferir con los tratamientos de biofumigación. Aquí se agrega la descripción de sintomatología y comportamiento de la planta enferma y se mencionan algunas alternativas de control cultural y químico de los hongos patógenos del suelo.

Enfermedades Causadas por Hongos Habitantes del Suelo en el Cultivo de Chile

Las enfermedades causadas por hongos que habitan el suelo actualmente son la parte más importante en la problemática actual del cultivo de Chile. Las pudriciones radicales y del cuello son provocadas por los hongos *Pythium* spp. y *Rhizoctonia solani*, asociados con *Fusarium* spp y *Phytophthora* spp; que evitan la germinación de la semilla, causan la muerte de las plántulas en el semillero y plantas adultas. Se consideran tres tipos de síntomas: a) Fallas en la germinación, debido a pudrición de las semillas. B) Marchitamiento de plántulas por la pudrición de los tejidos del cuello de la raíz que presentan estrangulamiento. C) Pudrición blanda de los frutos sobre todo de los que están en contacto con el suelo (Álvarez y Delgadillo, 2004).

Tristeza o Secadera. La podredumbre del pie/cuello en la raíz es causada por el hongo *Phytophthora capsici*. Por lo general, ocurre en presencia de contenidos elevados de húmedas así que lo mejor es evitar el exceso de agua en suelos mal drenados. Los daños aéreos más frecuentes en tallos y ramas son lesiones alargadas a manera de tizón, de color café oscuro a negro, que en muchos de los casos inicia en el cuello de la planta o en las ramas que están en contacto con el suelo; la lesión desarrolla rápidamente en condiciones de alta humedad y logra matar la planta al afectar el tallo. También se distingue en la pudrición de la raíz, cuello y base del tallo provocando un estrangulamiento y obstrucción del paso de agua y nutrientes y por consecuencia la marchitez de la planta (Álvarez y Delgadillo, 2004).

Pudrición Lateral de las Raíces. Esta enfermedad es producida por *Rhizoctonia solani* que provoca cuarteaduras en las raíces por deshidratación. La *Rhizoctonia* es un tipo de hongo que se encuentra presente en casi todos los suelos cultivados y tiene un amplio rango de hospederos, entre los que se encuentran muchas especies de cultivos

y malezas. *R. solani* sobrevive en los suelos como saprofito, pero al encontrar raíces de plántulas susceptibles las ataca. Las condiciones que favorecen su desarrollo son humedad alta y temperatura promedio de 18° C. Se presenta una pudrición lateral de las raíces y coronas que se observan como grandes heridas o cortes en el costado de las raíces y coronas. Los síntomas se observan con mayor fuerza en condiciones de sequía o cuando las plantas están bajo stress hídrico (Álvarez y Delgadillo, 2004).

Enfermedad causada por *Pythium*. Esta se caracteriza por presentar los síntomas que se presentan como pequeñas manchas de color oscuro y verde oliva en las hojas que se agrandan cuando se inicia la infección. Las especies de *Pythium* son parásitos facultativos que subsisten en el suelo atacando raíces fibrosas. Las oosporas son las formas invernantes en suelo. Las zoosporas originadas por los esporangios que producen las oosporas causan la infección primaria, que al germinar pueden penetrar por heridas, aberturas naturales (Álvarez y Delgadillo, 2004).

Pudrición de la Corona y Raíz: Es causada por el hongo *Fusarium oxysporum* provocando los siguientes síntomas: El primer indicio aparece al inicio de la floración o formación de primeros frutos y es un amarillamiento de las hojas inferiores, las cuales gradualmente se marchitan, mueren adheridas a la planta y posteriormente caen al suelo. Los síntomas pueden aparecer en un solo lado de la planta (ataque en el tejido conductor de algunas ramas) mientras que el resto permanece sano, aunque pueden manifestarse en toda la planta. El hongo puede estar en la semilla o en el suelo, las clamidosporas pueden permanecer viables por más de cinco años y puede ser diseminado por suelo contaminado, agua de lluvia, implementos agrícolas, por la semilla, transplantes y agua de riego (Álvarez y Delgadillo, 2004).

Control Cultural

-Durante el ciclo del cultivo: se pueden poner en práctica algunas recomendaciones y prácticas culturales para proteger al cultivo como son:

- ❖ -Utilizar sustratos sanos

- ❖ - Después del trasplante la dosis de nitrógeno debe ser baja
- ❖ -Usar variedades e híbridos resistentes
- ❖ -Manejo eficiente de los riegos
- ❖ - Evitar exceso de humedad con nivelación y plantar en un suelo con buen drenaje
- ❖ -Rotación de cultivos.

Control Químico

-El uso de productos químicos que se aplica en el suelo para el control de hongos patógenos como *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium*, *Fusarium oxysporum*. Lo que recomiendan los fitopatólogos como alternativas de control químico para estos hongos son los siguientes tratamientos químicos al suelo (Álvarez y Delgadillo, 2004):

-En la producción de plántula: la semilla antes de ponerla en el sustrato en el contenedor o semillero, debe ser tratada con químicos preventivos como: Daconil, Arasan 75, Terrasan 75, Captán.

-En el cultivo en producción: Cuando el cultivo está en pleno desarrollo y que está próximo a emitir flores es recomendable observar el cultivo y hacer muestreos en plantas al azar y en el momento en que se detecte la presencia de los síntomas que causa el hongo *Rhizoctonia*, se deben hacer aplicaciones químicas al suelo directamente al cuello de la raíz. Los productos más usados son: Triamyl 20 Ec, Miragefe 75 WP, Folpan, Derosal, Cycosin, Mirage 45 EC. Si se presentan los síntomas del hongo *Pythium* sp o *Phytophthora* o la asociación se recomienda hacer aplicaciones al suelo de metalaxyl (Ridomil 4E ó Ridomil5 G). Ridomil 5G (granulado) y el Ridomil 4E para aplicaciones al suelo. Es probable que existan nuevos productos en el mercado, sin embargo, no son garantía de que funcionen como los productos que ya se probaron en el cultivo y que han dado buenos resultados.

Cosecha

Para la estimación de rendimiento se cosecharon dos camas de 1.80 m de ancho por 5.0 m de largo y se realizaron tres cortes durante el tiempo que se tuvo el experimento. Se colectaron los chiles rojos en fresco, se contó el número de plantas, el número de frutos los cuales se pesaron para tener el peso de chile fresco. Posteriormente los frutos colectados se separaron por tratamiento y repetición de acuerdo al diseño experimental para tener los datos individuales. Las muestras de chile se pusieron a deshidratar a temperatura del medio ambiente y expuesto a los rayos del sol. Después de que los frutos alcanzaron una humedad del 7.0 al 11.0%, se pesaron para estimar el rendimiento de chile seco por tratamiento y así poder hacer los análisis estadísticos para determinar el efecto de los tratamientos sobre la variable rendimiento.

Muestreo de Plantas Enfermas

El experimento se estableció en dos sitios (primero y segundo año) donde se había observado la presencia de plantas enfermas con los síntomas de la tristeza o secadera con el objetivo de tener la certeza de la existencia del inóculo con los hongos patógenos responsables de esta enfermedad. Al final del experimento se hizo un conteo del número de plantas por parcela útil con el objetivo de contar con el dato de densidad de población y así poder calcular la sanidad y sobrevivencia de las plantas de chile establecidas en los diferentes tratamientos de biofumigación. Con el total de plantas por parcela útil se calculó el número y porcentaje de plantas sanas y enfermas para cada tratamiento y su distribución en el diseño experimental para hacer el análisis estadístico y de correlaciones Pearson con otra variables medidas en el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

De acuerdo con el diseño experimental utilizado se analizaron los datos obtenidos en los muestreos de fenología, rendimiento y el porcentaje de plantas enfermas. Se realizaron dos muestreos de frutos (chile rojo fresco) durante el tiempo del experimento en el primer año y tres muestreos en el segundo año para hacer la estimación de rendimiento.

En el primer año: los tratamientos mostraron diferencias significativas de acuerdo con el análisis de varianza ($P = 0.05$). Los resultados que se presentan en el Cuadro 1 para el primer corte, muestran que el tratamiento del suelo bajo labranza de conservación y acolchado con plástico alcanzó un rendimiento de 6.4 ton ha^{-1} de chile fresco por hectárea y de 1.6 ton ha^{-1} de chile seco. Esto permite inferir que existe una relación de rendimiento de chile fresco a seco de 4 a 1, lo que significa que se requieren $4,000 \text{ kg ha}^{-1}$ de chile fresco (con humedad) para obtener solo $1,000 \text{ kg ha}^{-1}$ de chile seco (deshidratado). Por otro lado, los tratamientos de bio-fumigación con aplicación de estiércol (B-estiércol) y abono verde (B-A-verde) presentaron una mayor producción que el testigo con rendimientos de chile fresco de 4.6 ton ha^{-1} y 5.8 ton ha^{-1} respectivamente y no son diferentes estadísticamente al tratamiento más alto en rendimiento. Sin embargo, su producción fue menor que un tratamiento al cual no se le incorporó abono orgánico (tratamiento con acolchado del suelo para solarizar), aunque esto se atribuye a un menor porcentaje de plantas enfermas confirmando así que la solarización del suelo mata a los hongos que provocan la secadera o ahogamiento de la planta de chile (Calvin y Cook, 2005).

En el segundo corte en el primer año del ensayo (Cuadro 1) se observa que las diferencias fueron altamente significativas en rendimiento de chile fresco y seco entre los tratamientos. El mejor tratamiento fue el de solarización con acolchado con un

rendimiento de 7.3 ton ha⁻¹ y de 1.8 ton ha⁻¹ de chile fresco y seco respetivamente. Al considerar la producción total durante el ciclo, para todos los tratamientos, el mejor tratamiento fue el de acolchado superando al tratamiento testigo con 4.5 ton ha⁻¹ y 1.1 ton ha⁻¹ de chile fresco y seco respectivamente.

Cuadro 1. Rendimiento de chile Pulla y/o Mirasol (*Capsicum annum* L.) en producción bajo los tratamientos de bio-fumigación en primer año del trabajo.

TRATAMIENTOS	R E N D I M I E N T O					
	(ton ha ⁻¹)					
	1 ^{er} Corte en fresco	1 ^{er} Corte en seco	2 ^{ºo} Corte en fresco	2 ^{ºo} Corte en seco	Total fresco	Total seco
TESTIGO	3.2 c	0.8 c	5.2 bc	1.3 bc	8.4 c	2.1 c
A+ ESTIÉRCOL	4.6 bc	1.1 bc	4.9 c	1.2 c	9.5 c	2.4 c
A+AVENA	5.8 ab	1.4 ab	6.0 b	1.5 bc	11.8 b	2.9 b
ACOLCHADO	5.6 ab	1.4 ab	7.3 a	1.8 a	12.9a	3.2a
A+LABRANZA	6.4 a	1.6 a	5.2 bc	1.3 c	11.6 b	2.9 b

A – acolchado con plástico

De acuerdo con lo anterior se puede mencionar que la “solarización” es una práctica relacionada con la radiación solar y el acolchado de las camas de siembra con plástico que incrementa la temperatura del suelo húmedo, alcanzando hasta los 50° C en la capa de 20 cm de profundidad lo que resulta letal para algunos hongos, bacterias y nematodos disminuyendo el problema con enfermedades radicales correlacionándose positivamente con un mayor rendimiento (Palomo *et al.*, 2003; Lira y Martínez, 2007).

La relevancia de hacer referencia a uso de los tratamientos con biofumigación como alternativa, se puede resaltar que el tratamiento con B-A-verde superó al testigo con 3.4 ton ha⁻¹ y 0.8 ton ha⁻¹ de chile fresco y seco respectivamente, lo cual representa una ganancia económica importante hasta de \$35,000.00 más por hectárea según el valor del chile a la compra en su momento.

Segundo año del Experimento

En el segundo año de evaluación se realizaron tres cortes de chile rojo fresco y después de analizar estadísticamente los datos, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en el primer corte al comparar las medias de rendimiento. El tratamiento B-repollo superó al testigo en 2.6 ton ha^{-1} de chile fresco y en 0.6 ton ha^{-1} de chile seco. El análisis de los resultados para el segundo corte mostraron que los tratamientos no fueron estadísticamente diferentes, sin embargo, se obtuvo mayor producción de frutos con el uso de biofumigación con el tratamiento de la B-repollo y B-estiercol superando al testigo hasta en 1.0 ton ha^{-1} de chile fresco y 0.3 ton ha^{-1} de chile seco (Cuadro 2).

El tratamiento con B-repollo 12.8 ton ha^{-1} de chile fresco y 0.7 de chile seco (deshidratado) tomando en cuenta los rendimientos totales en el segundo año de evaluación (Cuadro 2). El mayor efecto en el rendimiento del cultivo en el tercer corte se obtuvo en el tratamiento tradicional con 6.8 ton ha^{-1} el cual superó hasta en una tonelada (1.0 ton ha^{-1}) más que los tratamientos (B-Repollo y B-Estiercol; Cuadro 2). Al final del ciclo del cultivo, cuando se hizo el tercer corte, se sumó la producción de los tres cortes realizados. Los valores obtenidos se analizaron estadísticamente, y se observó que los tratamientos con biofumigación (B-Repollo) y (B-Estiercol) superaron al testigo en 12.8 ton ha^{-1} y 2.5 ton ha^{-1} en el rendimiento total de chile fresco y casi 14.0 ton ha^{-1} al tratamiento con pura solarización con acolchado (Cuadro 2; Kloepper *et al.*, 1980; Nieto *et al.*, 2002).

Kloepper *et al.*, (1980) y Kirkegaard, (2004) analizaron el valor de los enzimas del suelo para determinar la capacidad de los microorganismos en la supresión de los patógenos de plantas, señalando que los contenidos de ureasa y quitinasa están inversamente correlacionados con el número de nódulos de *M. arenaria* y que la aplicación de composta incrementa las poblaciones de bacterias y la actividad enzimática (ureasa, proteasa, quitinasa, catalasa y la hidrólisis de diacetato de fluoresceína). Calderón *et al.* (2000) señalan que la biofumigación se encuentra entre las mejores alternativas al uso

del Bromuro de metilo (BM) en cultivos de tomate y brásica en Guatemala. Hewlett y Dickson (2000) señalan que los nematodos formadores de nódulos (*M.arenaria* y *M.javanica*) pueden ser controlados con la aplicación de taninos. Bello *et al.* (2000c) mencionan que la eficacia de la biofumigación es similar a la de los pesticidas convencionales, y aunque la técnica es diferente a la solarización, se pueden complementar incrementando su eficiencia.

Cuadro 2. Rendimiento de chile Pulla y/o Mirasol (*Capsicum annuum* L.) en producción bajo los tratamientos de bio-fumigación en el segundo año.

TRATAMIENTOS	R E N D I M I E N T O						Total fresco	Total seco
	(ton ha ⁻¹)							
	1 ^{er} Corte	1 ^{er} Corte	2 ^{do} Corte	2 ^{do} Corte	3 ^{er} Corte	3 ^{er} Corte		
F	S	F	S	F	S			
TESTIGO	2.5 c	0.6 a	7.1a	1.7a	6.8 a	1.6 a	21.8 b	5.2 b
A+ ESTIÉRCOL	4.2 ab	1.0 a	8.1a	2.0 a	5.8 ab	1.4 ab	24.3 b	5.8 ab
A + Repollo	5.1 a	1.2 a	8.3 a	2.0 a	5.3 ab	1.3 ab	34.6 a	5.9 a
ACOLCHADO	4.0 ab	0.9 a	7.0 a	1.7 a	4.7 bc	1.1 bc	20.9 ab	5.0 b

A – acolchado con plástico; F – Fresco; S – Seco; ton – toneladas; ha – hectáreas

Análisis del Desarrollo del Cultivo

Altura de Planta

Las plantas de chile en el primer año del ensayo alcanzaron un máximo desarrollo con una altura de 68 cm, en el tratamiento con bio-fumigación por la incorporación de abono verde (triticale) el cual superó con 16 cm al tratamiento donde se incorporó estiércol, ya que en este las plantas alcanzaron una altura promedio de 52 cm. En el segundo año del trabajo, la mayor altura se tuvo fue de 73.5 cm con el tratamiento de incorporación de abono verde (en este caso una brásica como el repollo) superando con 9.7 cm al

tratamiento donde se usó el estiércol como biofumigante (Figuras 3 y 4). Este comportamiento de los tratamientos con incorporación de abono verde se debe principalmente al nitrógeno que liberan las plantas verdes que se incorporan al suelo en la etapa de la descomposición de la biomasa cuando es más rica en nitrógeno. Cuando estos se cortan y se incorporan en el mismo lugar donde han sido sembrados se mejora la fertilidad al enriquecer con nutrientes el suelo (Hallmann *et al.*, 1997; Benavides *et al.* 2008).

Las diferencias en altura de planta, son apenas unas décimas de centímetro, sin embargo, el abono orgánico mostró que es posible producir un cultivo usando un mínimo de fertilizantes minerales cuando el cultivo es susceptible a deficiencias de nutrimentos mayores. Estos resultados son un indicador de los efectos de los abonos orgánicos para nuevos estudios que permitan evaluar de forma específica el efecto de la composta en la fisiología de la planta (Figuras 3 y 4).

Se observaron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos de biofumigación con incorporación de repollo (B-Col) y estiércol de bovino (B-E). Las plantas evaluadas en estos tratamientos (Figura 3 y 4) presentaron mayor altura que el testigo y un incremento del 3% y un 4% respecto al tratamiento testigo. La altura de planta que mostraron los tratamientos con biofumigación fue similar sin mostrar diferencias significativas entre ellos con alturas de 69 y 78 cm respectivamente en los dos años de evaluación. Solo el tratamiento con biofumigación con incorporación de bráscica (Col) superando al tratamiento testigo hasta en 10 cm.

Los resultados obtenidos permiten inferir que algunos tratamientos con biofumigación empleados en este ensayo promueven la altura de planta y prácticamente en todos los casos se obtuvo un efecto positivo al incrementar los rendimientos en el cultivo en comparación al tratamiento testigo. Lo anterior pudo ser debido a diferentes mecanismos relacionados con la promoción de crecimiento en las plantas, ya sea que proporcionen directamente nutrientes, participen en la fijación de nitrógeno, fósforo y

potasio, la solubilización de fosfato y otros nutrientes; o bien, que las plantas sean capaces de producir hormonas vegetales y sustancias promotoras del crecimiento como el ácido indolacético o por la producción de sideróforos o antibióticos para la supresión de la microflora dañina a ésta (Hallmann *et al.*, 1997; Kloepper *et al.*, 1980; Van Veen *et al.*, 1997).

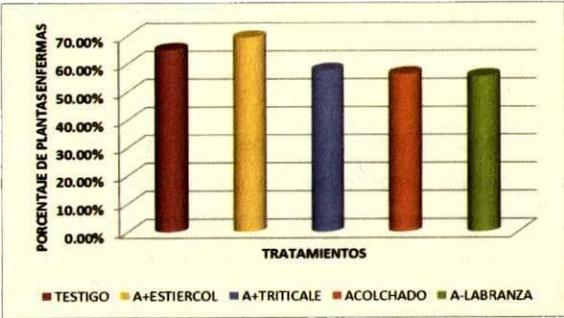


Figura 3. Altura de planta de chile mirasol para tratamientos de bio-fumigación y labranza en el primer año de evaluación.

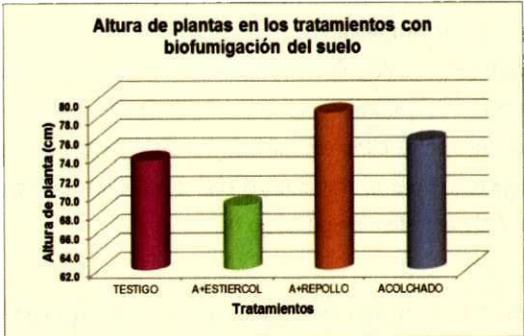


Figura 4. Altura de planta de chile mirasol para tratamientos de bio-fumigación en el segundo año de evaluación

Porcentaje de plantas enfermas

El análisis estadístico del porcentaje de plantas enfermas por tratamiento mostró diferencias significativas entre tratamientos, debido a que, se observó un mayor porcentaje de plantas enfermas en los tratamientos de acolchado con incorporación de estiércol de cabra (A+E) y el testigo (T) con 68 y 60% respectivamente. Mientras que el tratamiento con un porcentaje menor de plantas enfermas fue el de acolchado con incorporación de abono verde (A+AV) con un valor de 51% (Cuadro 3). Las diferencias son amplias si se piensa en el total de plantas por hectárea (22,000 plantas por hectárea).

La magnitud del problema se aprecia cuando se observa que el número de plantas por parcela se reduce a un tercio de las plantas que se sembraron (7,300 plantas de las 22,000 plantas que teníamos por hectárea; Figura 5). El rendimiento se redujo a un tercio, lo cual ya no es atractivo para el productor, por lo que toma la decisión de rastrear el cultivo porque ya no es rentable (Bello *et al.*, 1999). Fernández *et al.*, (2000) analizaron el valor de las enzimas del suelo para determinar la capacidad de los microorganismos en la supresión de los patógenos de plantas, señalando que los contenidos de ureasa y quitinasa están inversamente correlacionados con el número de nódulos de *M. arenaria* y que la aplicación de composta incrementa las poblaciones de bacterias y la actividad enzimática (ureasa, proteasa, quitinasa, catalasa y la hidrólisis de diacetato de fluoresceína).

Calderón *et al.* (2000) señalan que la biofumigación se encuentra entre las mejores alternativas al bromuro de metilo (BM) en cultivos de tomate y bráscica en Guatemala. Hewlett y Dickson (2000) señalan que los nematodos formadores de nódulos (*M. arenaria* y *M. javanica*) pueden ser controlados con la aplicación de taninos. Algunos autores definen la biofumigación, indicando que su eficacia es similar a la de los pesticidas convencionales, y aunque la técnica es diferente a la solarización, se pueden complementar incrementando su eficacia. La aplicación de repollo al suelo, como

biofumigante, permite reducir la población de *Fusarium oxysporum* cuando la concentración de inóculo no es superior a 3.3×10^2 conidios g^{-1} de suelo (Bello *et al.*, 2000c; Hewlett y Dickson, 2000).

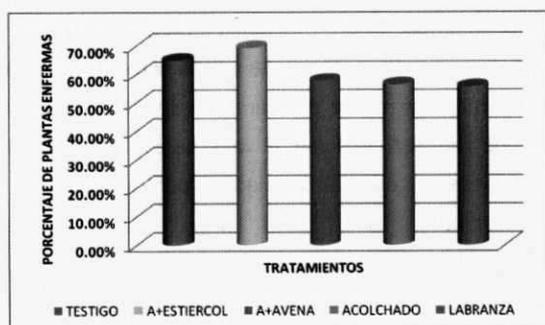


Figura 5. Porcentaje de plantas enfermas de chile mirasol para los tratamientos de biofumigación y labranza en el ensayo del primer año de evaluación.

Análisis de correlación

En este caso las variables que mostraron una correlación positiva de 0.5 y 1.0 fueron entre el porcentaje de plantas enfermas (% PE) y el rendimiento de chile seco (RS) respectivamente (Mojica-Marín *et al.*, 2009). Aquí hay que destacar que existe una correlación directa y altamente significativa entre las variables de porcentaje de plantas enfermas y el rendimiento de chile seco, lo cual significa que el efecto de mayor o menor porcentaje de plantas enfermas afecta directamente o inversamente al rendimiento de chile seco (Cuadro 3).

También se encontraron correlaciones inversas de -0.5 entre las variables medidas, como ocurrió entre el porcentaje de las plantas enfermas y el rendimiento de chile en fresco. Este efecto se interpreta como una relación inversamente proporcional debido a que con el incremento de plantas enfermas se reduce el rendimiento. Y en el caso de las variables de número de plantas por parcela y el rendimiento mostraron una correlación Person de -0.5, lo cual se interpreta como una relación inversa, y para este

caso se confirma que el efecto de tener menos plantas por parcela el rendimiento desciende (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de plantas enfermas en el experimento de bio-fumigación

TRATAMIENTO	REPETICIONES				MEDIA
	I	II	III	IV	
TESTIGO	66.60	35.65	68.53	67.14	59.48ab
A+ ESTIÉRCOL	80.39	51.56	75.86	64.15	67.99a
A+ AVENA	36.11	50.00	52.11	69.23	51.86bc
ACOLCHADO	56.16	43.24	42.18	73.21	53.70b
A+ LABRANZA	54.76	31.08	34.84	81.42	50.53c
MEDIA BLOQUES	58.8ab	42.3c	54.7b	71.0a	

En el Cuadro 4 se presenta el análisis de correlación entre las variables medidas para el segundo año de evaluación en el cual se encontraron correlaciones con "R" muy bajas. Las más significativas son las que se encontraron entre el porcentaje de plantas enfermas y la altura de planta con una $R = -0.200$ y de $R = -0.391$ entre porcentaje de plantas enfermas y los rendimientos totales. Estas correlaciones son inversas en los dos casos, lo cual significa que a mayor porcentaje de plantas enfermas es menor la altura de estas y obviamente se tuvo un menor rendimiento en donde se presentó con mayor severidad la enfermedad (Cuadro 5).

En la Figura 6 se graficaron los porcentajes de plantas enfermas para cada tratamiento, y se observa que el mayor porcentaje se presentó en el testigo con un 16.6%, mientras que el tratamiento de biofumigación con repollo (Col) el porcentaje de plantas enfermas se redujo hasta un 4.2%. Los otros tratamientos de biofumigación con estiércol y acolchado solo presentaron un 10.0 y 9.4% respectivamente, menos de plantas enfermas que el testigo.

Cuadro 4. Correlaciones Pearson entre las variables evaluadas con tratamientos de bio-fumigación en el primer año.

Correlations Pearson	Atura/Pta.	No.Ptas/parcela	% Plantas Enfermas	Rendimiento Total Fresco
No.Plantas/parcela	0.315			
% Plantas Enfermas	-0.073	0.509		
Rendimiento TotalFresco	0.160	-0.173	-0.556	
Rendimiento total Seco	0.158	-0.556	1.000	0.000

Cuadro 5. Correlaciones Pearson entre las variables evaluadas con tratamientos de bio-fumigación en el segundo año.

	Alt. Pta	Corte-1 Fresco	Corte-1 Seco	Corte-2 Fresco	Corte-2 Seco	R-total Fresco	R total Seco
Rto/Total-F	0.047						
Corte-Sec	0.047	1.000					
Corte-Tose	-0.009	0.129	0.129	1.000			
Rtot-Fre	0.352	-0.391	-0.391	-0.223	-0.223		
Rtot-Sec	0.352	-0.391	-0.391	-0.223	-0.223	1.000	
Ptas/Enf.	-0.200	-0.241	-0.241	-0.225	-0.225	-0.149	-0.149

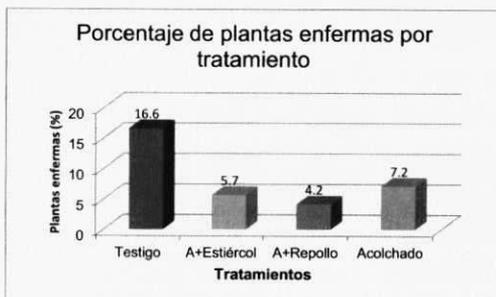


Figura 6. Porcentaje de plantas enfermas de chile mirasol para los tratamientos de biofumigación en el ensayo del segundo año de evaluación.

CONCLUSIONES

-Tanto la biofumigación como la solarización pueden ser una alternativa importante, pero es importante considerarlos en el contexto del manejo integrado de plagas. Al momento de analizar la factibilidad de su adopción se debería tener en cuenta sus fortalezas y debilidades de estas técnicas.

-En el segundo año de evaluación los porcentajes de plantas enfermas para cada tratamiento, se observa que el mayor porcentaje se presentó en el testigo con un 16.6%, mientras que el tratamiento de biofumigación con repollo (Col) el porcentaje de plantas enfermas se redujo hasta un 4.2%.

-En el rendimiento total del cultivo en el segundo año, se observó que los tratamientos con biofumigación (B-Col) y (B-E) superaron al testigo en 12.8 ton ha^{-1} y 2.5 ton ha^{-1} en el rendimiento total de chile fresco y muy cerca a las 14.0 ton ha^{-1} al tratamiento con pura solarización con acolchado

-El aporte de enmiendas orgánicas al suelo tiene efectos benéficos sobre la estructura y población microbiana del mismo. También mejoran el rendimiento de los cultivos, como se observa en la sucesión de tratamientos que se expuso en este trabajo.

-La biodesinfección es mucho más eficiente si se combina con solarización. Esta técnica no puede aplicarse en el periodo de enero y febrero en zonas extremas como zonas áridas y semiáridas, ya que la radiación térmica no sería efectiva u obligaría a hacer siembras tardías.

-La solarización debe de ser aplicada durante el período más cálido del año en cada región del país, y así conseguir el incremento de temperatura requerido en el suelo para matar patógenos que atacan la raíz del cultivo.

-Los ensayos han demostrado que la biodesinfección en marzo a mayo se obtienen buenos resultados, de esta manera se puede plantar un ciclo de chile intermedio no tardío según como el productor lo considere.

-El aporte de estiércol merece atención, en cuanto a la forma de compostearlo en el campo, para no producir contaminación y controlar la fertilidad del suelo luego de los tratamientos, para no generar riesgos de contaminación con nitratos en las hortalizas de hoja producidas posteriormente.

RECOMENDACIONES GENERALES

-La adopción de estas técnicas necesariamente debe ser parte de una gestión integral del productor, donde esté claro que quiere obtener hortalizas con bajo niveles de agroquímicos, producidas con técnicas de bajo impacto ambiental, y que podrá comunicar a los consumidores que está trabajando con estos objetivos, para posicionar mejor su producto en el mercado.

-Partiendo de esa base deberá planificar las actividades en cada lugar de producción, para encontrar los momentos óptimos para biofumigar, que le permita reducir el inóculo de patógenos del suelo sin tener pérdidas económicas. El uso de materiales resistentes (plásticos) es una herramienta más que lo ayudará en esa tarea.

-La biodesinfección del suelo no implican riesgos para la salud del productor y el consumidor. No se debe dejar de respetar las normas de seguridad e higiene, en cuanto al trabajo hortícola en general y al cuidado en la manipulación de estiércoles en particular.

LITERATURA CITADA

- Alcoser, H., Murguía-Cordova, J. y C. Murguía. 2006. Efecto de la solarización y enmiendas orgánicas contra el nematodo del nudo *Meloidogyne incognita* bajo condiciones de vivero. *Universalia*. Vol. 11 (1). pp. 13-22.
- Álvarez Z. R. y Delgadillo S. F. 2004. Enfermedades del tomate y chile Bell. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción Torreón, Coahuila, México, Octubre 13 al 15.
- Arriaga H, Núñez-Zofío M, Larregla S, Merino P, 2011. Gaseous emissions from soil biodesinfestation by animal manure on a greenhouse pepper crop. *Crop Prot* 30: 412-419. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2010.12.012>
- Bello, A., López-Pérez, J.A., Díaz-Viruliche L., Sanz, R. y M. Arias. 1999b. Biofumigation and local resources as methyl bromide alternatives. Abstracts 3rd International Workshop Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries, 7-10 December, Heraklion, Crete, Grecia, 17 p.
- Bello, A.; J.A. López-Pérez; L. Díaz-Viruliche; R.Sanz; M.Arias. 2000a. Biofumigation and local resources as methyl bromide alternatives. *Nematropica*. (En prensa).
- Bello, A., López-Pérez, J.A., Díaz-Viruliche & Tello, J. 2001. Alternatives to methyl bromide for soil fumigation in Spain. In R. Labrada & L. Fornasari, eds. Global report on validated alternatives to the use of methyl bromide for soil fumigation. Plant Production and Protection Papers No. 166, p. 33-46. Rome, FAO and Nairobi, Kenya, UNEP.
- Bello, J.A. López-Pérez, A. García. 2003. Biofumigación en agricultura extensiva de regadío. Fundación Rural caja Alicante y ed. Mundi-Prensa. Ficha técnica pae 11: la biofumigación, método biológico de control de patógenos del suelo. pp. 3-8
- Bello A, López Pérez JA, García Álvarez A (Eds). 2003. *Biofumigación en Agricultura Extensiva de Regadío. Producción Integrada de Hortícolas*. CSIC-Caja Rural de Alicante, Mundi-Prensa, Madrid, 670 pp.
- Bello A, Díez Rojo MA, López Pérez JA, Castro I, Gallego A. 2010. *Biodesinfección de suelos* Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE), Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid. www.vimeo.com/tekieroverde.
- Benavides G. Á., Cisne C. J., Laguna M. R. 2008. Incorporación de abonos verdes y biofertilizante foliar en el cultivo orgánico de fresa (*Fragaria* spp.) variedad britget en

las sabanas, madriz. Tesis para la obtención del grado de Ingeniero Agrícola para el desarrollo sostenible. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Departamento de Ingeniería Agrícola. Managua, Nicaragua.

- Blazier, S, y K.E. Conway. 2004. Characterization of *Rhizoctonia solani* isolates associated with patch diseases on turfgrass. Proc. Okla. Acad. Sci., 84: 41-51
- Blok, W. J., J. G. Lamers, A. J. Termorshuizen, and G. J. Bollen. 2000. Control of soil borne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. Phytopathology. Vol. 90. pp. 253-259.
- Bonanomi G., Antignani V., Pane C., Scala F. 2007. Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. Journal Plant Pathology. 89, 311-324
- Calderón, L.; F. Solís; E. Trabanino; E. Barillas; E. García. 2000. The effect of alternative treatments as methyl bromide for nematode control in different crops: 1998-1999. Abstract. XXXII Annual Meeting of ONTA, 16-20 abril, Auburn, Alabama, O-7, 48.
- Calvin, L. y Cook, R. 2005. Greenhouse tomatoes change the dynamics of the north american fresh tomato industry. Economic research report number 2. USDA. P. 86 p.
- Cordero C. M., Arévalo M. E. 2013. Cómo controlar los hongos que causan el Mal del Talluelo. Asociación El Bálsamo. Cuadernillos de Agricultura Agroecológica; Cuadernillo No. 2. Control del Mal del Talluelo. San Salvador, El Salvador. Pp. 2-16.
- Díez R. M. Á., 2010. Bases agronómicas para la utilización de restos agrarios en biodesinfección de suelos. Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Tesis Doctoral. Madrid, España. pp. 41-605
- FAOSTAT (2005). Base de datos de estadísticas agrícolas (verificado el 29 de noviembre de 2007). <http://faostat.fao.org/site/340/DesktopDefault.aspx?PageID=340>.
- Fernández, C.; R. Rodríguez-Kábana; J.W. Kloepper. 2000. Approaches to measuring microbial contributions to soil suppressiveness by measuring soil enzymes. Abstract. XXXII Annual Meeting of ONTA, 16-20 April, Auburn, Alabama, W-1, 20.

- Garbeva P., van Veen J.A., van Elsas J.D. 2004. Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. *Annu Rev Phytopathol.* 42: pp. 243-270.
- Guerrero, MM.; Lacasa, A.; Ros, C.; Bello A.; Martínez MC.; Torres J.; Fernández, P. 2004a. Efecto de la biofumigación con solarización sobre los hongos del suelo y la producción: fechas de desinfección y enmiendas. En A. Lacasa, MM. Guerrero, M. Oncina y JA. Mora Eds. *Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento*. Publicaciones de 38 la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia. Jornadas 16: 209-238.
- Guerrero, M.M., Ros, C., Guirao, P., Martínez, M.A., Martínez, M.C., Barceló, N., Bello, A., Lacasa, A. and López, J.A. 2005. Biofumigation plus solarisation efficacy for soil disinfestation in sweet pepper greenhouses in the Southeast of Spain. *Acta Horticulturae.* 698:293-297.
- Guerrero, M.M., Ros, C., Martínez, M.A., Martínez, M.C., Bello, A. and Lacasa, A. 2006. Biofumigation vs biofumigation plus solarisation to control *Meloidogyne incognita* in sweet pepper. *Bulletin OILB/srop* 29(4): 313-318.
- Guerrero, M.M., Martínez, M.A., Ros, C., Bello, A., Fernández, P., Martínez, M.C. y Lacasa, A. 2007. Eficacia de la biosolarización como desinfectante del suelo en invernaderos de pimiento. *Actas de Horticultura* 48:451-454.
- Guerrero M.M., Lacasa C.M., Ros C., Martínez V., Fenoll J., Torres J., Beltrán C., Fernández P., Bello A., Lacasa A., 2009. Pellets de brasicas como enmiendas para biosolarización de invernaderos de pimiento. *Actas Horticultura* 54: 424-429.
- Guerrero M.M., Ros C., Lacasa C.M., Martínez V., Lacasa A., Fernández P., 2010. Effect of biosolarization using pellets of *Brassica carinata* on soilborne pathogens in protected pepper crops. Proc. VIIIth IS on Chem. And Non-Chem. Soil and Substrate Disinfestation. Eds. Gamliel et al. *ActaHorticulturae.* 883, ISHS 2010.
- Gómez L., Rodríguez M. G., Enrique R., Hernández-Ochandía D., Rodríguez Y., Lorenzo A., Díaz-Viruliche Luisa. 2011. Evaluación del co-producto de cikron-h para la biodesinfección de suelos. Efecto nematocida. *Revista Protección Veg.* vol.26 no.3 La Habana sep.-dic. 2011

- Guigón, L.C. y P.A. González. 2001. Estudio regional de las enfermedades del chile (*Capsicum annuum*L.) y su comportamiento temporal en el sur de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19: 49-56.
- Gowers, S. 2008. Selection of *B. napus* and *B. rapa* lines for biofumigation potential. Proceedings of Third International Biofumigation Symposium. Canberra, Australia. p. 79.
- Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W.F., and Kloepper, J.W. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Canadian Journal of Microbiology* 43:895-914.
- Harding, R.B. & T.J. Wicks. 2001. Effects of incorporating *Brassica* and cereal cover crop residues on soil populations of *Verticillium dahliae*. Proceedings of Second Soilborne Diseases Conference. Lorne, Victoria. pp. 148-149.
- Hewlett, T.E., D.W. Dickson. 2000. Efficacy of tannis for control of root-knot nematodes. Abstract. XXXII Annual Meeting of ONTA, 16-20 abril, Auburn, Alabama, O-29, 57.
- Iriarte, L.E., Sosa, M.C., y G.E. Reybet. 2011. Efecto de la biofumigación con repollo sobre el control de *Fusarium oxysporum* en suelo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. Buenos Aires, Argentina.
- Katan J, 1999. Solar heating (solarization) of soil control of soilborne pests. *Annu Rev Phytopathol* 19: 211-236. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.py.19.090181.001235>
- Katan J, 2005. Soil disinfection: one before methyl bromide phase out. *Acta Horti* 698: 19-25.
- Kirkegaard, J. 2004. Evaluating biofumigation for soil-borne disease management in tropical vegetable production. *ACIAR Review report*. 30 p.
- Klein E, Katan J, Gamliel A, 2011. Soil suppressiveness to *Fusarium* disease following organic amendments and solarization. *Plant Dis* 95: 1116-1123. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-01-11-0065>
- Kjaer, A. 1976. Glucosinolates in cruciferae. En: *The Biology and Chemistry of the Cruciferae*. Academic Press, London. pp. 207-219.
- Kloepper, J.W., Schroth, M.N., and Miller, T.D. 1980. Effects of rhizosphere colonization by plant growth promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. *Phytopathology* 70:1078-1082.

- Lacasa A., Guerrero M.M., Quinto V., Lacasa C., Bielza P., Contreras J., Torné M. 2004. Eficacia del Telone C-35 en la desinfección de suelos de tomate. Libro de resúmenes del XII congreso de la SEF. Lloret de Mar, Girona, 26 septiembre-1 octubre 2004. p. 238.
- Lacasa A., Guirao P., Guerreo M.M., Ros C., López-Pérez J.A., Bello A., Bielza P. 1999. Alternatives to methyl bromide for sweet pepper cultivation in plastic greenhouse in south east. 3rd International Workshop "Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries" del 7 al 10 de diciembre, Heraclion, Creta (Grecia), 133-135.
- Lazarovits G, 2001. Management of soil-borne plant pathogens with organic soil amendments: a disease control strategy salvaged from the past. *Can J Plant Pathol* 23: 1-7.
- Lazarovits, G., M. Tenuta and K. L. Conn. 2002. Organic amendments as a disease control strategy for soil borne diseases of high-values agricultural crops. *Australasian Plant Pathol* 30:111-117.
- Lira-Saldivar, R. H y Martínez-Hernández, B.L. 2007. Biofertilizantes, bacterias promotoras del crecimiento y biofumigación. *In: Agricultura sustentable y biofertilizantes.* (eds) Lira-Saldivar, R. H. y Medina-Torres, J.G. Centro de Investigación de Química aplicada, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp 175-202.
- Martínez MA, Martínez MC, Bielza P, Tello J, Lacasa A. 2011. Effect of biofumigation with manure amendments and repeated biosolarization on *Fusarium* density in pepper crops. *Journal Ind Microbiol Biot* 38(10): 3-11.
- Mitidieri, M.; Brambilla, M.V.; Barbieri, M. ; Piris, E.; Piris, M. ; Chaves, E. 2009. La biofumigación y el uso de portainjertos resistentes en el marco del manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos de tomate bajo cubierta. Ministerio de agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. INTA. Argentina.
- Monserat, A. 2001. Conclusiones de las experiencias sobre **solarización**/biofumigación en el control de hierbas. *XX Reunión del Grupo de Trabajo de Malas Hierbas y Herbicidas.* Consejería de Agricultura. Junta de Andalucía. Scio. de Sanidad Vegetal. Jerez, España. pp. 117-120.

- Mojica-Marín, V, Luna-Olvera, H. A., Sandoval-Coronado, C. F., Pereyra-Alfárez B., Morales-Ramos, L. H., González-Aguilar, N. A., Hernández-Luna, C. E. y O. G. Alvarado-Gomez. 2009. Control biológico de la marchitez del chile (*Capsicum annuum* L.) por *Bacillus thuringiensis*. International Journal of Experimental Botany. ΦΥTON ISSN 0031- 9457. 78: 105-110.
- Molina-Vargas, L.F. & J.U. Bentura-Castellanos. 2009. Efecto inhibitorio *in vitro* de cinco isotiocianatos sobre *Rhizoctonia solani* Kühn AG-3. Revista de Investigación Agraria y Ambiental: 37-40.
- Nieto-Garibay A., Murillo-Amador B., Troyo-Diéguéz E., Larrinaga-Mayoral J. A., y J. L. García-Hernández. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*capsicum annuum* l.) en zonas áridas. INCI Vol.27 No.8. Caracas ago. pp. 208-216.
- Núñez-Zofío M., Larregla S. y C. Garbisu. 2012. Repeated biodesinfection controls the incidence of *Phytophthora* root and crown rot of pepper while improving soil quality. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Spanish Journal of Agricultural Research 2012 10(3), 794-805.
- Oka Y. 2010. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments: a review. Appl. Soil. Ecol 44: 101-115. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.11.003>
- Palomo, R. M., Lujan, F. M., Ávila, Q. G. y Berzoza, M. M. 2003. Enfermedades radiculares del cultivo del chile (*Capsicum annuum*) y medidas de control. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional Norte Centro-Campo Experimental Valle de Juárez, Chihuahua. Publicación especial Núm. 11. 21p.
- Parra, G. y J. Ristaino. 2001. Resistance to Mefenoxam and Metalaxyl among field isolates of *Phytophthora capsici* causing *Phytophthora* Blight of bell pepper. *Plant Disease* 85: 1069-1075.
- Pereyra, S.M.; A. de L. Avila y E. Orecchia. 2008. La biofumigación y el metam sodio como alternativas al uso de bromuro de metilo. Efecto sobre el control de malezas y las características químicas del suelo. Floricultura, Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC. CC509, 5000

Córdoba. E. Orecchia. U.E.E. INTA Cruz del Eje. Agriscientia, V.25 No.2 Córdoba jul./dic. 2008

- Pérez, M.L., O.L. Durán., M.R. Ramírez., P.J.R. Sánchez y P.V. Olalde. 2003. Compatibilidad fisiológica y sensibilidad a fungicidas de aislamientos de *Phytophthora capsici* Leo. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21: 19-25.
- Ristaino, J.B. 1991. Influence of rainfall, drip irrigation and inoculum density on the development of *Phytophthora* root and crown rot epidemics and yield in bell pepper. *Phytopathology* 81: 922-929.
- Soldevilla C. 1995. Marras de origen fúngico (Damping-off) en plantas del género *Pinus* sp. cultivadas en invernadero. *Bol. Sanidad Vegetal. Plagas*, 21: 87-109.
- Solano, M., y Brenes, D. (2012). Evaluación de métodos de curación de sustratos para la prevención del Mal de Talluelo. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 9 (22), 63-65. <http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/forestal/kuru/Documents/2012/Vol-9%2822%29-012/Evaluaci%C3%B3n%20de%20m%C3%A9todos.pdf>
- Stapleton, J. J.; Elmore, C. L. y DeVay, J. E.: 2005. "Solarization and biofumigation help to disinfest soil". *California Agriculture*, 54(6): 42-45.
- Stirling, G. R. 1991. Conservation and enhancement of naturally occurring antagonists and the role of organic matter. In: *Biological control of plant parasitic nematodes: Progress, problems and prospects*. C.A.B. International. Printer by redwood press Ltd, Melksham UK. 166-185 pp.
- Tenuta M, Conn KL, Lazarovits G, 2002. Volatile fatty in liquid swine manure can kill microsclerotia of *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 92: 548-552. <http://dx.doi.org/10.1094/PHTO.2002.92.5.548>
- Velásquez, V.R., A.M.M. Medina y R.J.J. Luna. 2001. Sintomatología y géneros de patógenos asociados con las pudriciones de la raíz del chile (*Capsicum annum*L.) en el norte centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19: 175-181.
- Volke Sepúlveda, T. & Velasco Trejo, J.A.; 2002. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. 64 pp.

- Willer H, Yussefi M. 2000. *Organic Agriculture Worldwide*. INFOAM. Disponible en http://www.soel.de/inhalte/publikationen/s_74_02.pdf.
- Willer H, Yussefi M. 2001 *Organic Agriculture Worldwide*. BioFach, SÖL-Sonderausgabe Stiftung Ökology & Landbau, IFOAM, Alemania, 133 pp.
- Yulianti, T., K. Sivasithamparam & D.W. Turner. 2008. Incorporation of *Brassica nigra* and *Diploaxis tenuifolia* residues and incubation under different soil conditions affects the survival of *Rhizoctonia solani* AG2-1 (ZG5), the causal agent of damping off of canola differently. Proceedings of Third International Biofumigation Symposium. Canberra, Australia. p. 70.

Centros Nacionales de Investigación Disciplinaria, Centros de Investigación regional y Campos Experimentales



 Sede de Centro de Investigación Regional

 Centro Nacional de Investigación Disciplinaria

 Campo Experimental

AGRADECIMIENTOS

**El presente estudio fue financiado por la FUNDACION PRODUCE
DURANGO A. C., a través del Proyecto:**

**“TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA EL CULTIVO DE CHILE INTENSIVO A
CAMPO ABIERTO CON LABRANZA DE CONSERVACIÓN Y BIOFUMIGACIÓN DEL
SUELO”**



COMITÉ EDITORIAL DEL CENID-RASPA

Presidente: Dr. José Antonio Cueto Wong

Secretario: Dr. Miguel A. Velásquez Valle

Vocales: Dr. Juan Estrada Avalos

M.C. Miguel Rivera González

Revisores Técnicos

Dra. María Magdalena Villa Castorena

Dr. Adrián Vega Piña

Edición y Diseño

Gerardo Esquivel Arriaga

La presente publicación se terminó de imprimir el mes de diciembre del año 2013 en los talleres de Carmona Impresores S. A. de C. V., Calzada Lazaro Cardenas No. 850. Colonia Eduardo Guerra. C.P. 27280 Torreón, Coahuila, México. Su tiraje consta de 500 ejemplares

**CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA
RELACIÓN AGUA-SUELO-PLANTA-ATMÓSFERA**

DR. JOSÉ ANTONIO CUETO WONG
Director

ING. ARMANDO ESTRADA GONZÁLEZ
Jefe de Operación

LIC. FLOR CARINA ESPINOZA DELGADILLO
Jefe Administrativo

PERSONAL INVESTIGADOR

Bueno Hurtado Palmira
Catalán Valencia Ernesto Alonso
Delgado Ramírez Gerardo
Esquivel Arriaga Gerardo
Estrada Ávalos Juan
González Barrios José Luis
González Cervantes Guillermo
Inzunza Ibarra Marco Antonio
Jacobó Salcedo Rosario
Macías Corral Maritza Argelia
Macías Rodríguez Hilario
Muñoz Villalobos Jesús Arcadio
Potisek Talavera María del Carmen
Rivera González Miguel
Román López Abel
Sánchez Cohen Ignacio
Velásquez Valle Miguel Agustín
Villa Castorena María Magdalena
Villanueva Díaz José

Al integrar un sistema combinado de solarización y biofumigación se asegura un efecto benéfico sobre los patógenos del suelo, ya que las altas temperaturas acentúan el efecto de la biofumigación al aumentar la liberación de sustancias volátiles. Algunas bacterias y hongos resultan muy tolerantes a los isotiocianatos, entre ellos algunas especies de *Trichoderma*, dentro de las cuales se encuentran antagonistas de patógenos. Esto sugiere que la biofumigación puede provocar un cambio en la composición de la microflora del suelo y aumentar la proporción de antagonistas.

En el presente trabajo se planteó el objetivo de evaluar la eficacia de la bio-fumigación y la solarización como alternativas de prevención en el control de enfermedades radiculares en el cultivo del chile. Este tratamiento es más eficiente cuando se aplica repetidamente por un período de tiempo en el mismo espacio (durante dos años o más) considerando el ciclo de cultivo de chile para deshidratar, en el mismo suelo.

El efecto de la bio-fumigación sobre la prevención y control de enfermedades radiculares, mostró que sí hay control de los hongos que provocan el *damping off* o conocida comúnmente como secadera. Se puede concluir que los tratamientos con bio-fumigación presentan potencial para inhibir el crecimiento de los hongos.