

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISION DE INGENIERIA**

**EVALUACIÓN DE LA SOLARIZACIÓN PARA EL CONTROL DE PATÓGENOS
DEL SUELO
(*Desinfección del suelo*).**



**Por:
JOSE MANUEL MARTINEZ HIDALGO**

TESIS

Presentada como Requisito parcial para obtener el

Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACION

Buenavista Saltillo; Coahuila, México, Agosto, de 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Evaluación de la Solarización para el control de patógenos del suelo.

TESIS

Presentada por:

JOSE MANUEL MARTINEZ HIDALGO.

Que somete a consideración del H. jurado examinador como
requisito para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo en Irrigación

Aprobado por:

Asesor Principal

Asesor

DR. Alejandro zermeño Gonzáles.

DR. Raúl Rodrigues García

Asesor Externo

Asesor Externo

MC. Rosario Quezada Martín

MC. Boanerges Cedeño Rudalcava

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA.

DR. Raúl Rodrigues García

Buenavista, Saltillo Coahuila, México. Agosto del 2007.

DEDICATORIA

Mis respetos y sinceros agradecimientos al filántropo Antonio Narro Rodríguez al realizar la donación de estas tierras por la cual fue posible la construcción de la escuela de agricultura estas llegar hacer universidad en donde realice mis estudios universitarios por la cual lo en comiendo señor todo poderoso por la cual le doy esta oración.

Padre nuestro que estas en los cielos santificado se a tu nombre vénganos a nosotros tu reino, hágase tu voluntad en la tierra como en el cielo, danos hoy nuestro pan de cada día perdona nos nuestras ofensas así como nosotros perdonamos a los que nos ofenden, no nos dejes caer en tentación líbranos de todo mal y que dios te tenga en su gloria y que perdone todos tus pecados a tu hijo Antonio narro Rodríguez... AMEN

Con respecto a Manuel Martínez Hidalgo y Juana Hidalgo Espinosa mis padres y mis hermanos no les doy un agradecimiento por escrito. Gracias a dios los dos y todos mis hermanos están con vida y tengo al menos yo toda una vida para agradecerlo. Disfrutas con ellos mi profesión los días que dios les preste vida.

A G R A D E C I M I E N T O S

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente

Al Dr. Alejandro Zermeño G. y Dr. Raúl Rodríguez G.. por el apoyo brindado en la realización de este trabajo. A los maestros del departamento de riego y drenaje les doy gracias por ayudarme en mi formación profesional.

A la M.C. Rosario Quezada M. y M.C. Boanerges Cedeño R. por la dirección y apoyo brindado en la realización de este trabajo de tesis

Al Centro de Investigación en Química Aplicada por permitirme realizar este trabajo dentro de uno de sus proyectos de investigación. Al CONACYT, al Fondo de Economía y a Industrias de Culiacán S.A. de C.V. por aportar los recursos para la realización de este proyecto de investigación.

A don Gollo, Arturo y Jacobo mis sinceros agradecimiento por haber colaborado en todo el proceso y desarrollo de la tesis.

A todas las personas que colaboraron en el proceso de la tesis que no pude mencionar les digo de todo corazón gracias

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURA	vii
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
OBJETIVO	3
HIPOTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Ventajas y Oportunidades de la Solarización	4
Efecto de maleza	5
Efecto de los patógenos en los cultivo	6
Protocolo de Montreal de 1987	7
Toxicidad del bromuro de metilo	8
Cuidados para la aplicación del bromuro de metilo	9
Medio ambiente	9
Alternativas al bromuro de metilo	9
Principios del acolchado	10
Acolchado	10
Ventajas	11
Desventajas	11
Tipos de películas plásticas	11
Aplicación de las distintas cubiertas de polietileno	11
Datos de interés de las distintas cubiertas de polietileno para Acolchado	12
Método de solarización	13
Principios de la solarización de suelos	13
Periodos óptimos de solarización	14
Flujo de calor en el suelo	14

Importancia económica de la solarización	15
Limitaciones	16
Fertilidad del suelo y actividad microbiana.....	16
Propiedades físicas y térmicas del suelo	17
Efecto de la solarización en la temperatura del suelo	18
La Solarización en control de maleza	19
Efectos de la solarización en las poblaciones de patógenos presentes en el suelo.....	19
Mecanismo de eliminación la solarización en los patógenos	20
Efectos de la solarización en el incremento de organismos benéficos del suelo	21
Efecto de la solarización en el crecimiento de las plantas	22
Disponibilidad de nutrientes en el suelo.....	22
MARETIALES Y METODOS	24
Localización y características del sitio experimental	24
Establecimiento del experimento	25
Variables evaluadas.....	26
Análisis estadístico.....	26
Diseño experimental	27
Aplicación del bromuro de metilo	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
Densidad de fusarium	29
Tiempo Cero (Muestreo 1)	29
Carga patogénica de propágulos de fusarium en los diferentes tiempos de muestreo con respecto a las películas evaluadas.....	29
Carga patogénica de propágulos de fusarium en los diferentes tiempos de muestreo con respecto a las profundidades evaluadas	35
CONCLUSIONES	40
LITERATURA CITADA.....	41

INDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1	Eliminación progresiva del Bromuro de Metilo Según los Acuerdos del Protocolo de Montreal, 1997.....	8
CUADRO 2.2	Tipos de películas plásticas.....	11
CUADRO 2.3	Datos de las distintas cubiertas de polietileno para acolchado	12
CUADRO 4.1	Población propágulos de <i>Fusarium</i> sp por gramo de suelo En el tiempo cero	29
CUADRO 4.2	Por ciento de disminución de propágulos de <i>fusarium</i> a los 7 días De Solarización	30
CUADRO 4.3	Por ciento de disminución de propágulos de <i>fusarium</i> a los 10 días de solarización	46
CUADRO 4.4	Por ciento de disminución de propágulos de <i>fusarium</i> a los 14 días de solarización.....	48
CUADRO 4.5	Por ciento de disminución de propágulos de <i>fusarium</i> a los 45 días de solarización.....	50

CUADRO 4.7	Resultado de propágulos de <i>fusarium</i> de 0 a 10 cm. de Profundidad y diferentes tiempos de solarización en las Diferentes películas plásticas utilizadas	35
CUADRO 4.8	Resultado de propágulos de <i>fusarium</i> de 10 a 20 cm. de Profundidad y diferentes tiempos de solarización en las Diferentes películas plásticas utilizadas	36
CUADRO 4.9	Resultado de propágulos de <i>fusarium</i> de 20 a 30 cm. de Profundidad y diferentes tiempos de solarización en las Diferentes películas plásticas utilizadas	38
CUADRO 4.10	Resultado de 30 a 40 cm. de profundidad y diferentes tipos De solarización en las diferentes películas plásticas Utilizadas.....	39

INDICE DE FIGURAS

Figura (4.1) Temperatura Del Suelo En Las Diferentes Películas a 10 cm de Profundidad del suelo.....	32
Figura (4.2) Temperatura Del Suelo En Las Diferentes Películas a 20 cm De profundidad del suelo	32
Figura (4.3) Temperatura del suelo en las diferentes películas a los 40 cm. De profundidad.	34
Figura (4.4) Temperatura del suelo en las diferentes películas a los 20 cm.....	37

RESUMEN

Este trabajo se realizó en el campo agrícola experimental del CIQA, en Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son: 25°27'N 101°02'O a una altitud de 1619 m

En este trabajo se evaluó el efecto de diferentes periodos de tratamientos de solarización como una alternativa para sustituir el bromuro de metilo (control químico) para el control de plagas y enfermedades causado por fitopatogenos del suelo así como también mejorar las condiciones estructurales del suelo e incrementar el rendimiento de los cultivos.

Se estudiaron cuatro periodos diferentes se empezó el 7 de junio y termina el 24 de julio. El diseño utilizado fue parcelas divididas, con un arreglo factorial 7 x 4 con cuatro repeticiones; donde el factor **A** son las cubiertas plásticas utilizadas, 4 en solarización y 3 en aplicación del bromuro de metilo y el factor **B** son las cuatro profundidades del suelo evaluadas (10, 20, 30 y 40 cm.).

Las variables evaluadas fueron la disminución de la carga patogénica en las áreas donde se establece el sistema radicular de los cultivos como las hortalizas en las profundidades de 10, 20, 30, y 40 cm. y la Incidencia de malezas. Los resultados mostraron que la solarización prolongada es más eficiente en la eliminación de patógeno. Mientras que una solarización de un tiempo corto puede ser inductora del crecimiento-desarrollo de patógenos y malas hierbas.

Sustituir el uso del bromuro de metilo utilizando sistemas que no dañen el medio ambiente, como método de solarización, Que elimina maleza y hongos aplicando calor al suelo, incrementando la temperatura creando condiciones no favorables para su desarrollo.

I. INTRODUCCIÓN.

La desinfección del suelo es muy importante porque ayuda al cultivo a tener un buen desarrollo y una buena producción, al someter el suelo a un proceso de desinfecciones. El bromuro de metilo (CH_3Br) es un gas, que se utiliza como pesticida de tipo fumigante para controlar un gran número de plagas y enfermedades en cierto perfil del suelo. En el campo generalmente se usa para esterilizar el suelo controlando nemátodos, hongos, malezas e insectos.

El bromuro de metilo elimina todos los organismos vivos con los que entra en contacto (biocida). Debido a esto gran cantidad de sistemas de agrícolas de producción se han vuelto dependientes de la fumigación con bromuro de metilo.

Uno de los problemas con el bromuro de metilo es que se degrada con dificultad (CH_3Br) y puede acumularse en exceso, sobre órganos aprovechables de las plantas cultivadas, pudiendo constituir un peligro para la salud humana. La F.A.O. concreta el nivel de tolerancia en alimentación humana en 0,3 mg de bromuro por kilogramo de peso corporal.

El bromuro de metilo está siendo seriamente cuestionado por sus potenciales efectos nocivos en la salud humana. Esto, sumado al hecho de su posible acción en la destrucción de la capa de ozono y a la tendencia de los consumidores a preferir productos menos expuestos a agroquímicos, hace necesario la búsqueda de tecnologías alternativas, para eliminar o reducir el uso de bromuro de metilo y sus correspondientes emisiones a la atmósfera.

La disminución de la capa de ozono conlleva un aumento de las radiaciones ultravioletas que llegan a la corteza terrestre. Si aumentan estas radiaciones supondría el incremento de la temperatura media de la tierra,

Se han realizado diversos estudios y comparaciones con otros tipos de controles teniendo como base el control químico, el control químico contra el control biológico, y el control químico contra el control físico.

El Protocolo de Montreal, acuerdo internacional para la limitación en el uso, fabricación y venta de compuestos halogenados y bromados, con 149 países firmantes, plantea el cuestionamiento del uso del bromuro de metilo.

Se han obtenido mejores resultados con el control físico (Solarización), El método consiste en cubrir un suelo húmedo con un plástico transparente (durante un período que oscila entre 4 y 6 semanas) para aumentar las temperaturas hasta niveles letales para los patógenos del suelo. **Katan J. 1981.**

La solarización controla numerosas especies de hongos del suelo. También es eficaz con los nemátodos y las malas hierbas. Uno de los problemas de este control físico es que necesita ciertos factores ambientales (radiación solar, temperatura y humedad del aire) si el lugar no reúne las condiciones este método no es recomendable. (Herrera, 1990)

Objetivo.

Sustituir el uso del bromuro de metilo con el uso de la solarización como sistema para eliminar las malezas, hongos, nemátodos e insectos fitopatógenos presentes en el suelo

Encontrar al menos una cubierta plástica con características apropiadas para alcanzar los mismos niveles de desinfección de suelo al compararlo con el bromuro de metilo.

Determinar el tiempo mínimo óptimo de solarización para lograr la mejor desinfección del suelo

Hipótesis.

Al menos una de las cubiertas plásticas evaluadas para solarización superará las temperaturas necesarias para matar los patógenos presentes en el suelo. El tiempo total de solarización se disminuirá con el uso de al menos una de las cubiertas plásticas y tendrá el mismo efecto que el uso de bromuro de metilo en la desinfección de los organismos fitopatógenos presentes en el suelo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

Ventajas y oportunidades de la solarización

La relación costo/efectividad de la solarización del suelo debería tener en consideración los efectos a corto y largo plazo del tratamiento sobre el agrosistema (manejo de las plagas del suelo, incremento de rendimientos, mejoramiento del nivel de nutrientes del suelo y de otras características del suelo) así como las oportunidades que la solarización del suelo puede ofrecer para un control económico de las plagas. Algunas de esas oportunidades son señaladas por (ElMore, 1997), como sigue:

- En un cultivo para el que no hay disponibles plaguicidas en razón de su falta de registro, disponibilidad, tolerancia del cultivo, peligro de aplicación o costo;
- En un cultivo en el cual los problemas de las plagas no permiten su control por otros medios;
- En los casos en que más de un problema puede ser resuelto por medio de la solarización del suelo;
- Cuando un cultivo es hecho en forma «orgánica»;
- Cuando la solarización del suelo puede cambiar la secuencia de los cultivos o los cultivos, para incrementar los rendimientos en la misma área o mantener los rendimientos en áreas menores;
- En un cultivo en el cual el vigor de las plántulas y un rápido crecimiento significan una ventaja;
- Competencia en los mercados donde los alimentos «orgánicos» compiten con productos producidos convencionalmente y tratados con plaguicidas;
- No daña el medio ambiente

Efectos de maleza

Las malas hierbas son consideradas como plantas indeseables por competir con las plantas cultivadas que el hombre establece para producción de alimentos.

La maleza posee características para desarrollarse en medios poco favorables así como persistencia de sus semillas y una gran habilidad para competir por nutrimentos, agua, luz y espacio. La importancia económica de las malezas se deriva de los daños que ocasionan en la agricultura. (Posos, 2001).

Se considera que solo en las actividades agrícolas las malas hierbas producen mayores pérdidas económicas que las reportadas por otras plagas. Los daños que originan se resumen en reducción en la producción de granos, pastos, carne, leche y lana. Menor eficiencia en el uso de la tierra, debido a los costos que implican las escardas, deshierbe, chapoleo y aspersiones. Reduce la calidad del producto cosechado y aumenta los costos de producción. Por último el valor de la tierra se reduce especialmente cuando se infesta con maleza perenne; limitan la producción de cultivos que se pueden sembrar y son hospederas de insectos, hongos y nematodos que afectan a las plantas cultivadas (Posos, 2001).

En los últimos 40 años se han tenido notables adelantos en nuestro país en el control de malezas debido al descubrimiento de los herbicidas químicos. Sin embargo se ha llegado a determinar que un solo tratamiento de control aplicado repetidamente a largo plazo no es efectivo para reducir la densidad de todas las especies.

Lo que ocurre es que disminuye el número de las especies presentes, pero aumenta el número de individuos de las especies adaptadas a las condiciones particulares de nuevo manejo. También sucede que la introducción de un método único de control químico que reemplaza a ciertas especies fáciles de eliminar por otras que a largo plazo causa mayores problemas. Es notorio que la resistencia a herbicidas es el resultado de una fuerte presión de selección a favor de especies o biotipos resistentes a expensas de las otras especies susceptibles. Las pérdidas

que causan las malezas en los cultivos en México son difícil de estimar, debido a la falta de estadísticas sin embargo, el problema de malezas esta dentro de los primeros cuatro factores que reducen el rendimiento agrícola, el cual es muy variable. Existen grandes extensiones agrícolas donde el combate de malezas es inadecuado y se han detectado pérdidas del más del 50% del cultivo por competencia de las malezas. (Cotero, 1997)

Efecto de los patógenos en los cultivos

Los patógenos del suelo son la causa de muchas pérdidas de cosecha en los cultivos. La repetición de un cultivo en la misma parcela, que es una práctica habitual en los cultivos más rentables, acaba seleccionando en el suelo una población de microorganismos rica en los patógenos más especializados que obliga a los agricultores a cambiar de parcela o a cambiar de cultivo.

El control químico mediante fumigantes, a las dosis necesarias para disminuir el potencial infeccioso a unos niveles aceptables para los cultivos, afecta también al ambiente biológico, físico y químico del suelo. También las cosechas son afectadas por los residuos tóxicos de estos fumigantes.

La eficiencia de la solarización del suelo para controlar las plagas del suelo es función de las relaciones entre el tiempo y la temperatura y se basa en el hecho que muchos patógenos de las plantas, las malezas y otras plagas, son mesófilos. En el caso de estos organismos mesófilos, es crítico un umbral de temperatura de 37 °C; la acumulación de los efectos del calor a esta o a temperaturas más altas durante un cierto tiempo, es letal. Al aumentar la temperatura se requiere menos tiempo para alcanzar una combinación letal de tiempo y temperatura. Por ejemplo, a 37 °C, la temperatura letal de exposición (hongos mesófilos) puede requerir de dos a cuatro semanas, mientras que a 47 °C entre una y seis horas de exposición. (De Vay, 1990).

La mayoría de los organismos nocivos del suelo tienen un carácter mesofílico, resisten poco temperaturas por encima de 31-32 ° C en el suelo, por lo que su eliminación es factible si se logra tales niveles térmicos en el suelo (katan 1981)

En 1992 se reconoció oficialmente el bromuro de metilo como uno de los responsables del deterioro de la capa de ozono. La disminución de la capa de ozono conlleva un aumento de las radiaciones ultravioletas de tipo B que llegan a la corteza terrestre, y para las plantas el aumento de las radiaciones de tipo B suponen una disminución de la fotosíntesis, ya que la radiación que utilizan las plantas es aquella cuya longitud de onda se encuentra entre 380 y 730 mμ.

No todo el bromuro de metilo es de origen antropogénico, ya que también se produce bromuro de metilo en las quemaduras de biomasa y la emisión por parte de los océanos (Lombert et al. 1995). Según el M.B.G.C. (Coalición global del bromuro de metilo) las emisiones a la atmósfera del bromuro de metilo son: del 30 al 85% del bromuro de metilo aplicado a tratamientos del suelo, del 48 al 88% en la fumigación de productos no perecederos, del 85 al 95% en la fumigación de productos perecederos, y del 90 al 95% en transportes. Como se puede ver las pérdidas de bromuro de metilo son muy elevadas y todo esto termina llegando a la atmósfera.

Protocolo de Montreal de 1987

Los esfuerzos internacionales iniciales en el marco del Protocolo de Montreal de 1987 relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, se centraron en las sustancias de larga vida que destruyen el ozono, tales como hidrocarburos halogenados (CFC). Los niveles atmosféricos de cloro han comenzado consiguientemente a declinar, pero los niveles de bromo continúan subiendo. En la actualidad, el (CH₃Br) se cree que ocasiona el 17 por ciento de la pérdida observada de ozono; si las emisiones continúan creciendo al ritmo actual, la cifra puede poner en peligro esfuerzos realizados para salvar la capa de ozono. Los científicos consideran que la eliminación del bromuro de metilo es el siguiente paso importante para recuperar la capa de ozono.

En el año 1992 tuvo lugar en Copenhague una reunión en la que se incluyó al bromuro de metilo como sustancia activa responsable de la destrucción de la capa de ozono. En esta reunión y posteriores se llegaron a acuerdos para disminuir progresivamente la aplicación de bromuro de metilo hasta la total prohibición de utilización el bromuro de metilo. En las últimas reuniones realizadas se ha llegado al acuerdo de que en el año 2001 en los países desarrollados el uso de bromuro de metilo sea el 50% del uso del año 1995. A los países subdesarrollados se les fija el año 2011 para que se reduzca un 50% el uso de bromuro de metilo, pero lo que todavía no está claro es el año en el que se prohibirá totalmente su uso.

Cuadro 2.1 Eliminación progresiva del Bromuro de Metilo

Según los acuerdos del Protocolo de Montreal, 1997

Países desarrollados	<i>Países en desarrollo</i>
<ul style="list-style-type: none"> • 25 % de reducción para el 1999. • 50 % de reducción para el 2001. • 70 % de reducción para el 2003. • Eliminación para 2005 excepto para usos críticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Congelación en el 2002 según el promedio de uso 1995 a 1998. • Revisión del nivel de reducción en el 2003. • 20 % de reducción para el 2005. • Eliminación al 2015 excepto para usos críticos.

El plazo de 10 años de diferencia entre las fechas de eliminación para los países desarrollados y los países en desarrollo puede ser aprovechado por las empresas transnacionales productoras del Bromuro de Metilo para inundar a los países en desarrollo y seguir expandiendo su mercado.

Toxicidad del bromuro de metilo

El bromuro de metilo es extremadamente tóxico, clasificado por la Organización Mundial de la Salud en la categoría 1. Penetra especialmente por los pulmones causando serios problemas, incluso la muerte. Puede atacar el sistema nervioso, provocando mareos, dolor de cabeza, náusea, vómitos, sueño, debilidad, visión borrosa, y en dosis y tiempos prolongados puede provocar convulsiones y desmayos. Por lo general después de un contacto excesivo al bromuro de metilo

se presentan daños crónicos irreversibles en el hígado, riñones y pulmones. Según investigaciones también existe la posibilidad de causar cáncer y defectos de nacimiento. (Lombert et al, 1995)

Cuidados para la aplicación del bromuro de metilo

- No usar guantes.
- No usar botas.
- Usar mascarillas para chequeo de fugas.
- Lavar con abundante agua en la zona afectada en el cuerpo en caso de contacto.

Medio ambiente

El Bromuro de Metilo al elevarse a las capas superiores de la atmósfera destruye la capa de ozono, que protege a la vida en la tierra de la radiación ultravioleta de la luz solar. La capa de ozono absorbe las radiaciones ultravioletas (UV) del sol.

El ozono se destruye a su vez por acción de la propia radiación ultravioleta, ya que la radiación con longitud de onda menor de 290 nm hace que se desprenda un átomo de oxígeno de la molécula de ozono. Se forma así un equilibrio dinámico en el que se forma y destruye ozono, consumiéndose de esta forma la mayoría de la radiación de longitud de onda menor de 290 nm. Así, el ozono actúa como un filtro que no deja pasar dicha radiación perjudicial hasta la superficie de la Tierra.

Alternativas al bromuro de metilo

❖ Métodos culturales

Rotación de Cultivos: Método usado tradicionalmente para prevenir el ataque ciertos patógenos del suelo, como nemátodos y hongos. Intercalar los cultivos es muy recomendable para los suelos, ya que si siempre está el mismo cultivo agotará rápidamente los recursos que dicho cultivo necesita.

Substratos artificiales: Este método consiste en proporcionar un medio artificial libre de patógeno y maleza en el sistema radicular de la planta.

Fecha de siembra: Alterar las épocas de siembra se utiliza para que cuando se presente un determinado patógeno en el suelo la cosecha ya haya sido recogida.

Métodos físicos solarización: Este método consiste en cubrir un suelo húmedo con un plástico transparente (durante un período que oscila entre 4 y 6 semanas) para aumentar las temperaturas hasta niveles letales para los patógenos del suelo.

Vapor de agua: El vapor de agua se obtiene en una caldera móvil con una temperatura que oscila entre los 80 y 100°, desde donde se conduce a una batería de tubos por los que se inyecta al suelo.

Principio del acolchado

El acolchado puede hacerse con materiales inertes o no vivientes que también son muy útiles. El material vegetal usado como acolchado incluye residuos de cultivos, como maíz, sorgo y otros cereales. Las malezas cortadas pueden funcionar como acolchado en especial las gramíneas como: *Panicum spp.* (Pasto guinea) y *paspalum spp.*(Bahagrass) Pueden utilizarse residuos de cultivos perennes, como banano, bagazo de caña de azúcar, cáscaras de coco y diversas especies de palma. En esta técnica también se utilizan acolchados de polietileno (plásticos) que consiste en la colocación de un plástico sobre un suelo que esta labrado y húmedo previamente, en este mismo proceso se pueden hacer otras labores culturales como siembra, fertilización y colocación de cintilla. (UAAAN. 1997).

Acolchado

El acolchado es una técnica empleada para proteger los cultivos y el suelo de la acción de los agentes atmosféricos. Se utiliza en explotaciones agrícolas con distintos fines. Tiene efectos favorables sobre el suelo y el medio ambiente. La mayoría de los plásticos empleados en el acolchado incrementa la temperatura del suelo. (Badiola. J. S.L. Reus 1997.)

Ventajas

- Mejora la estructura del suelo.
- Evita la erosión de la tierra.
- elimina larvas de insecto en estado de dormancia.
- Reducción la mano de obra en limpieza de malas hierbas.
- Inhiben la germinación de semillas de malezas.
- Bajo costo relación Beneficio costo.

Desventajas

- Crean condiciones ideales para muchas plagas del suelo que pueden aumentar el daño en ciertos cultivos.
- Las elevadas temperaturas también predisponen a algunas especies de plagas a ataques patogénicos secundarios.
- En acolchados de cobertura vegetal no se debe de usar especies de plantas como *Pennisetum spp*, por ser una planta que emite raíces adventicias.

Cuadro 2.2 Tipos de Películas Plásticas.

TIPO DE FILM	VENTAJAS
Transparente	Mejor uso del agua, se tiene precocidad en frutos.
Negro	Impide el crecimiento de malezas. Mejores cosechas.
Térmico-opaco	Retiene el calor durante la noche. Impide el crecimiento de malezas. Mejor uso del agua.
Blanco y Negro	Impide el crecimiento de malezas. Refleja la luz sobre la planta. Mejores cosechas.
Degradable	Aumenta la temperatura del suelo. Permite la recolección mecánica.

Aplicación de las distintas cubiertas de polietileno.

Transparente: Cultivos estacionales. Terrenos limpios de malezas, tratados con herbicida. Cuando se pretende mas precocidad del cultivo que aumento del rendimiento.

Negro opaco: Cultivos de 1-3 años. Terrenos infectados con malezas. Cuando se pretende el aumento del rendimiento. Zonas calidas sin riesgo de heladas.

Gris humo, verde, marrón claro: Cultivos estacionales. Cultivos de 1-2 años. Cuando se busca aumentos de rendimiento y precocidad en el cultivo. Zonas frías y calidas sin riesgo de heladas.

Blanco y negro de Con extursion: Cultivos herbáceos, estacionales (frutales). Terrenos infectados de malezas. Cuando se busca aumento de luminosidad. (Badiola. J. S.L. Reus 1997.)

Cuadro 2.3 Datos De Las Distintas Cubiertas De Polietileno Para acolchado.

	Transparente	Negro.	Gris humo	Marrón claro	Blanco y negro
Trans. De calor	80%	Nula.	35%	65%	Nula.
Crec. De malezas	elevado	Ninguno	Poco.	Menos q el Transp.	ninguno
contra bajas Tem	Buena.	Regular.	Mediana.	Regular.	Mala.
Absorción de calor.	baja	Elevada.	Regular.	Baja.	Regular.
Rend. De cosechas	(-) q el negro.	Alto.	Mejor q el negro.	Similar al primero.	Alto, mejor q el negro.
Precocidad de cosechas	Elevada.	Mediana	Regular.	Elevada.	Elevada.

Método de solarización.

La agricultura, ha originado el desarrollo de técnicas que permiten la utilización de fuentes primarias de energía. Estas fuentes como la energía solar, pueden ser utilizadas de manera práctica, en ciertas latitudes y en condiciones climáticas favorables, para la esterilización del suelo en el control de malezas, nemátodos y ciertos patógenos causantes de enfermedades del sistema radicular principalmente en las hortalizas. Caussanel et al (1997).

Katan (1976) en Israel, establece los principios y bases teórico prácticas para el uso de la técnica denominada como: "Calentamiento Solar del suelo", "Desinfección Solar del Suelo" o "Solarización"

Stapleton (1985), describe también algunos factores involucrados en la eficiencia de la técnica como son: preparación del suelo, características del suelo, tipo de material y características del plástico, especies de organismos a controlar y permanencia de plástico en el suelo.

El método de solarización, ensayado y propuesto por primera vez por Katan (1981) en Israel, es un proceso hidrotérmico que crea condiciones de altas temperaturas en el suelo, lo que resulta ideal principalmente en el período de pre-siembra o pre-plantación para controlar un buen número de plagas del suelo (insectos, patógenos, nemátodos y malezas).

Principios de la solarización de suelos.

La solarización calienta el suelo durante las horas de mayor radiación solar, a mayor profundidad de suelo la temperatura máxima se reduce. El suelo bajo el acolchado plástico debe estar saturado o al menos a un 70% de la capacidad de campo en las capas superiores y debe estar humedecido hasta una profundidad de 60 cm. para que la solarización sea más efectiva. (Elmore *et. al.*,1997).

Prolongar el período de solarización generalmente permite un mayor control de patógenos en capas de suelos más profundas. Resultados satisfactorios en diversas regiones del mundo, con diferentes patógenos, han sido obtenidos

usualmente en el rango de 20 a 60 días de solarización. Frecuentemente el efecto de la solarización se aprecia a largo plazo en el control de enfermedades y en el incremento en rendimiento, se ha observado el beneficio de esta práctica todavía en el segundo y aún después de cuatro ciclos de cultivos. (Elmore *et. al.*,1997).

La solarización causa cambios en las características químicas, físicas y biológicas en el suelo, lo cual mejora el crecimiento y desarrollo de las plantas. Acelera la descomposición de la materia orgánica en el suelo, lo que resulta en la liberación de nutrientes solubles como nitrógeno, (NO₃, NH₄), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), y ácido fúlvico, haciéndolos más disponibles para las plantas. Por lo tanto, durante el período de solarización es recomendable ir cambiando ciertas practicas de manejo agronómico como fecha de siembra y densidad del cultivo (Katan y Devay 1991).

Periodos óptimos de solarización.

Se ha visto que el período óptimo para lograr una mayor reducción de los organismos nocivos es durante los meses más cálidos que en el hemisferio norte se presentan durante los meses de julio y agosto (en los meses más calidos). Para las malezas ha sido suficiente un período de solarización de 30 días, pero en el caso del nematodo *Meloidogyne incognita* ha sido necesario como mínimo 45 días. De vital importancia resulta ser la preparación óptima del suelo, siempre tratando de llevar a la superficie los huevos y larvas de nemátodos, así como las semillas y órganos de reproducción de las malezas. En otros períodos (después de julio-agosto), a pesar de notarse cierta reducción de malezas, el efecto no es suficiente. (DeVay, 1991)

Flujo de calor en el suelo.

El suelo tiene una capacidad calorífica alta, entre 0.27 y 0.80 joule/k, lo que significa que es un buen acumulador de calor, y una baja conductividad térmica, que hace que la penetración del calor en el suelo sea lenta, al igual que su enfriamiento (Herrera. 1990).

Importancia económica.

Con el método de solarización, se puede desinfectar el suelo antes de sembrar o plantar en la parcela. Su efecto es sobre:

Hongos de la clasificación Danpin off (*Fusarium*, *Verticillium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*). Que se encuentran en la capa arable suelo, estos son los principales causantes de las enfermedades de las plantas causado por hongos, no podemos descartar al *Meloidogyne* spp (nematodo) que se alimenta de las raíces de las plantas (Agrios G. N. 2005).

Los insectos y gusanos se alimentan de las hojas, tallo y raíces, algunos de ellos son portadores de enfermedades causado por hongos, bacterias y algunos causados por virus (Agrios G. N. 2005).

Muchas hierbas anuales (deja inservibles las semillas), Las Malas hierbas es uno de los principales causantes de la baja producción por la competencia de nutrientes, agua, luz, y suelo. A un que la solarización no controla bien algunas malas hierbas (*Cyperus*, *Cynodon*, *Portulaca*...) y las bacterias.

Las altas temperaturas en el suelo se logran cuando la humedad del suelo es suficiente. La actividad de varios organismos (patógenos y malezas) se ve favorecida por la humedad y esto, a su vez, eleva la susceptibilidad de los mismos a las altas temperaturas. También mejora la conducción de calor en el suelo y permite la actividad biológica durante la solarización (O. neil, 1997).

La solarización conlleva una elevación del rendimiento del cultivo posterior, más crecimiento, vigor, más altura, más producción de flores y frutos. Hay un aumento temporal de más nutrientes minerales disueltos y materia orgánica soluble. (O,neil, 1997).

Limitaciones.

- Aplicable a regiones que tengan una elevada irradiación solar y altas temperaturas de verano.
- Durante el tratamiento, el suelo debe estar libre de cultivo, como mínimo durante 1 mes en verano.
- No es un método de desinfección total 100%.
- Algunas plagas son de difícil control o no son controladas por este tratamiento;
- entre las fajas solarizadas no hay control de plagas en los surcos.
- los vientos fuertes o los animales pueden romper la película de cobertura (Badiola. J. S.L. Reus 1997.).

También hay productos químicos para desinfección de suelos aptos para cultivos muy rentables

A grandes rasgos se ven dos desventajas, una económica y otra de carácter ambiental. La económica radica que el costo de cubiertas plástica para acolchar puede ser prohibitivo a determinados pequeños agricultores, sobre todo de la denominada agricultura de subsistencia, por lo que el apoyo financiero del estado al agricultor es vital en una etapa inicial de uso del método.

En grandes áreas de cultivo ya se ha venido utilizando la solarización. Ya a este nivel de uso surge el problema ambiental con las películas plásticas deterioradas, que de no recoge y ni se destruye se convierten en un contaminante del medio.

Fertilidad del suelo y actividad microbiana.

Se ha comprobado que la solarización hace más accesible los nutrientes del suelo a las plantas e incrementa relativamente las poblaciones de bacterias del genero *Bacillus* que favorecen el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas cultivables (Stapleton & DeVay 1984).

El éxito de la solarización dependerá de varios factores, pero lo esencial, según DeVay (1991), es la humedad del suelo a fin de lograr un máximo de transferencia de calor sobre los organismos nocivos del suelo. El tiempo de solarización y la

temperatura lograda en el suelo durante tal período son factores esenciales del éxito de este método.

Propiedades físicas y térmicas del suelo.

Los principales parámetros que definen el comportamiento térmico de un suelo son su calor específico y su conductividad térmica, pero para que se produzca un calentamiento de los diversos horizontes edáficos, es necesario que la radiación solar llegue hasta la superficie y penetre en ella. (Katan y DeVay, 1991).

Otro factor decisivo es la orientación con respecto a la topografía, las zonas orientadas al sur, en el hemisferio norte, reciben los rayos solares con mayor perpendicularidad y por ende con más intensidad; sobre todo cuando la pendiente es la adecuada a la latitud. Las vertientes de orientación norte reciben menor insolación. (Pullman *et al.* 1981)

Una parte de la radiación solar es reflejada por la superficie del suelo y el resto es absorbido; este reflejo que se conoce como albedo depende del color del horizonte superficial, cuanto más oscuro mayor es la absorción, por el contrario los colores blanquecinos actúan al revés. En los suelos blancos, el reflejo puede ser tan intenso que puede llegar a quemar los frutos cercanos al suelo por la adición del calor incidente al reflejado por el suelo. (Alexander 1990)

Las radiaciones más caloríficas son las correspondientes al infrarrojo, mientras que los menos corresponden al ultravioleta, aunque éstas sean más energéticas por su mayor frecuencia, los famosos rayos UVA, no dan calor aunque puedan producir quemaduras químicas. La radiación visible más energética será la roja que es la que absorben los objetos de color verde, de ahí la gran absorción ejercida por la vegetación. Por el contrario el menos energética será la violeta que es la absorbida por los objetos amarillos.

Una vez que la radiación llega al suelo, el calentamiento o el enfriamiento del mismo será tanto más rápido cuanto menor sea su calor específico y éste será función del material que lo constituye y sobre todo del nivel de humedad, pues

como promedio los constituyentes minerales tienen un calor específico que va de 0.1 joule/k en las arenas a 0.2 joule/k en las arcillas y en el carbonato cálcico, mientras que los compuestos orgánicos alcanzan valores cercanos a 0.5 joule/k todos ellos muy por debajo del valor de uno que posee el agua. Los suelos húmedos se calentarán más lentamente que los secos pero mantendrán más el calor. (Yucel *et al.* 2000)

La conductividad térmica, en las partículas del suelo es aproximadamente tres veces mayor que en el agua y unas 110 veces mayor que en el aire. De esta forma los suelos húmedos, en los que hay un desplazamiento del aire por el agua, conducen mejor el calor que los secos. (Yucel *et al.* 2000)

Efecto de la solarización en la temperatura del suelo.

En el calentamiento del suelo, influye además de la intensidad de la radiación solar, algunos otros factores como la temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y características del suelo (color; textura, estructura, materia orgánica y humedad). (Elmore *et. al.*, 1997).

La película de plástico transparente permite que la mayor parte de la radiación cruce la película para incrementar la temperatura del suelo, permitiendo que solo una parte de la radiación sea reflejada. Por la noche las fluctuaciones de temperatura a nivel del suelo son mayores debido a que el polietileno transparente permite que haya una radiación desde el suelo hacia la atmósfera (Katan y DeVay, 1991).

Diversos autores han reportado que durante el tratamiento de solarización, la capa superior del suelo alcanza las máximas temperaturas, y a medida que incrementa la profundidad, las temperaturas disminuyen. La temperatura máxima la alcanza el suelo durante el día y se mantiene por un largo tiempo.

La capa superior del suelo es la que esta más propensa a los cambios de temperatura, ya que a medio día es la que alcanza la máxima temperatura y por la mañana es la parte más fría del suelo. Conforme avanzan las horas del día la

temperatura se transmite de manera gradual hacia el interior; de manera que cuando empieza a disminuir la temperatura de la superficie del suelo (alrededor de las 16:00 hrs. de la tarde), la temperatura interior va en aumento y se conserva durante más tiempo (Elmore *et al.*, 1997).

La solarización en control de maleza.

Entre los resultados más relevantes en otros experimentos de investigación se ha visto que, los tratamientos con solarización mostraron menor número de malezas de hoja ancha que el testigo sin tratamiento. (Salas ,2002)

Se ha pensado que una interrupción de la solarización podría estimular la germinación de tubérculos y semillas latentes de malezas, las cuales serían eliminadas en un segundo período de solarización. (Salas, 2002)

Sin embargo, tanto en períodos de 5 y 7 semanas, la interrupción de la solarización durante una semana no mejoró significativamente su efectividad sobre las malezas, además que esta operación encarece el costo de la solarización al retirar y colocar de nuevo el plástico. Se ha visto que la solarización por períodos cortos (2 semanas) estimula la emergencia de las malezas *C. rotundus*, *Brachiaria mutica*, *Ixophorus unisetus*, *Portulaca oleracea*, *ageratum conyzoides* y *Digitaria* spp. La solarización ha aumentado el contenido de amonio y nitrato en el suelo. Asimismo, se encontró que la solarización disminuyó la biomasa microbiana presente en el suelo. (Katan y DeVay, 1991).

Efectos de la solarización en las poblaciones de patógenos presentes en el suelo.

El calentamiento que diariamente se produce durante la solarización mata muchos patógenos del suelo, nemátodos, semillas de malezas y plántulas. El calor también debilita muchos organismos que pueden soportar la solarización, haciéndolos más vulnerables a los hongos y bacterias que son más resistentes al calor y que actúan como sus enemigos naturales. Cambios en la química del suelo durante la solarización también puede matar a debilitar algunos organismos del suelo (Elmore *et al.*, 1997).

Aún y cuando muchos microorganismos del suelo se mueren con temperaturas superiores a los 30 ó 33°C, los fitopatógenos, malezas y otros organismos del suelo difieren en su sensibilidad al calentamiento del suelo. Algunos organismos que son difíciles de controlar con fumigantes del suelo son fácilmente controlados con la solarización. Otras plagas son afectadas también pero no pueden ser consistentemente controladas con la solarización. Esos requieren medidas de control adicionales (Elmore *et al.*, 1997).

Mecanismo de eliminación de patógenos en el proceso de solarización

Las temperaturas que se obtienen con la solarización del suelo son consideradas moderadas comparadas con las del tratamiento del suelo con vapor (Baker, 1962; Stapleton y De Vay, 1986). En consecuencia, la solarización del suelo es más selectiva en relación con la biota termofílica y termotolerante y los actinomicetos pueden sobrevivir e incluso prosperar bajo la solarización del suelo (Gamliel *et al.*, 1989; Stapleton, 1981). Los efectos letales de la solarización del suelo son más acentuados en los microorganismos que no son buenos competidores del suelo. Muchos patógenos están incluidos en este grupo desde el momento que tienden a tener requerimientos fisiológicos especiales tales como una mayor adaptación a la coexistencia con las plantas hospedantes (Stapleton y De Vay, 1986); esto da lugar a cambios en la población, favoreciendo especies termotolerantes como *Bacillus* spp., pseudomonadas fluorescentes y hongos termotolerantes (Gamliel *et al.*, 1989; Stapleton, 1981) y puede suprimir patógenos permitiendo la recolonización (después de una posible declinación inicial de su población) por parte de microorganismos que son más competitivos y a menudo antagonistas de los patógenos y plagas de las plantas. Los hongos antagonistas *Trichoderma harzianum* colonizaron agresivamente suelos solarizados (Katan, 1981). La mayor parte de los microorganismos tolerantes a la solarización son conocidos como agentes de control biológico o estimulantes del crecimiento de las plantas (Baker y Cook, 1974).

Los organismos del suelo son destruidos directa o indirectamente por las temperaturas a las que se llega durante el calentamiento solar del suelo húmedo bajo películas de polietileno que limitan el escape de gases y vapor de agua del suelo. La sensibilidad de algunos organismos a las altas temperaturas está relacionada con pequeñas diferencias en macromoléculas que llevan a un incremento de los enlaces intramoleculares con pequeños cambios en los enlaces-H, los enlaces iónicos y los enlaces de bisulfitos (Brock, 1978). Los lípidos insaturados (que tienen un punto de fusión más bajo) en las membranas de los organismos mesolíticos hacen que sean más sensibles a las altas temperaturas durante la solarización del suelo que las especies termo tolerantes. La sensibilidad de los organismos al calor está relacionada con un límite superior de la fluidez de las membranas, más allá del cual su función se reduce (Sundarum, 1986). Se encontró que la curva termal letal para los hongos patógenos es de tipo logarítmico (Pullman *et al.*, 1981). Los organismos termo tolerantes y termofílicos del suelo por lo general sobreviven al proceso de solarización del suelo (Brock, 1978; Stapleton y De Vay, 1984).

Efectos de la solarización en el incremento de organismos benéficos del suelo.

Muchos organismos del suelo benéficos son capaces de sobrevivir a la solarización o recolonizar el suelo muy rápidamente. Microorganismos benéficos muy importantes son los hongos micorrízicos, hongos y bacterias que parasitan patógenos de las plantas y que ayudan al crecimiento de las mismas. Las lombrices, por ejemplo, se creó que se refugian a mayores profundidades y escapan a los efectos del calentamiento del suelo (Elmore *et. al.*, 1997).

Los hongos benéficos, especialmente *Trichoderma*, *Talaromyces* y *Aspergillus spp.* Sobreviven y se incrementan en suelos solarizados. Los hongos micorrízicos son más resistentes al calor que la mayoría de los hongos fitopatógenos; sus poblaciones pueden reducirse en el perfil superior del suelo pero ciertos estudios han mostrado que esto no es suficiente para reducir su colonización de raíces hospederas en suelos solarizados (Elmore *et. al.*, 1997).

Poblaciones de bacterias benéficas como *Bacillus spp* y *Pseudomonas spp*. Son reducidas durante la solarización pero posteriormente recolonizan el suelo rápidamente. Poblaciones de *Rhizobium spp.*, el cual fija nitrógeno en los nódulos de las raíces de leguminosas, pueden ser grandemente reducidos por la solarización. (Agrios. 2005)

Efecto de la solarización en el crecimiento de las plantas.

Las plantas generalmente crecen más rápido y producen mayores rendimientos y de más calidad cuando los cultivos crecen en suelos solarizados. Esto puede ser atribuido en parte, a el control de enfermedades y malezas; pero incrementos en el crecimiento de las plantas también es visto cuando el suelo que aparentemente esta libre de enfermedades es solarizado. Un gran número de factores puede estar involucrado en este efecto, primero, patógenos de poca importancia o desconocidos también pueden ser controlados. Segundo, el incremento en nutrientes solubles mejora el crecimiento de las plantas. Tercero, relativamente grandes poblaciones de microorganismos útiles en el suelo han sido encontrados después de la solarización, y algunos de esos, como ciertas *Pseudomonas fluorescentes* y *Bacillus* se sabe que son agentes de control biológico (Elmore *et al.*, 1997; Katan y DeVay, 1991).

Disponibilidad de nutrientes en el suelo

La mayor disponibilidad de nutrientes minerales que hay después de la solarización del suelo está mayormente relacionada con la fracción orgánica tales como $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, P, Ca y Mg, como resultado de la muerte de la microbiota (Baker, 1962, Chen y Katan, 1980; Stapleton *et al.*, 1990; Stapleton *et al.*, 1985). Los elementos P, K, y Ca, y algunos Mg extraíbles han sido encontrados en mayores cantidades después de la solarización del suelo (Stapleton *et al.*, 1985). La liberación de compuestos del N (vapor o líquido) es un componente del modo de acción ya que una mayor concentración de N reducido se nitrificará después de la solarización del suelo para proporcionar NO_3 para un mayor crecimiento de las plantas (Stapleton *et al.*, 1990).

La concentración de cada elemento es función del pH del suelo y de los microorganismos nitrificantes (Hasson *et al.*, 1977). Las altas temperaturas que alcanzan los suelos ricos en materia orgánica pueden matar buena parte de la microbiota, incluyendo los organismos nitrificantes y favoreciendo la acumulación de $\text{NH}_4\text{-N}$. Por otro lado, las bajas temperaturas del suelo en los suelos con bajo contenido de materia orgánica permitirán la sobrevivencia de la biota del suelo y promoverán condiciones aeróbicas con una mínima liberación de compuestos nitrogenados dando lugar a la nitrificación y pérdida de N del suelo, ya que el NO_3 es fácilmente lixiviado.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Localización y características del sitio experimental.

El trabajo de investigación se realizó en el período primavera verano del 2006 en los terrenos agrícolas experimentales del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado en la ciudad de Saltillo, Coahuila.

Clima.

El clima en la región esta clasificado como: BsoK(X')(e), que se define como seco Estepario. La temperatura media anual es de 18°C y la precipitación pluvial media anual es de 368 mm siendo los meses de julio a septiembre los más lluviosos (García, 1987).

Suelo.

El suelo del lote experimental del CIQA es de origen aluvial, textura arcillo-limosa en el estrato 0-30 cm y arcillosa en la capa 30-60 cm. (Gómez 1994) reporta que el pH es de 8.1 clasificándose como suelo medianamente alcalino, y ligeramente salino (3.7 milimhos/cm), con un contenido de materia orgánica de 2.38%, lo que lo hace medianamente rico.

Aviña (1995), consigno que la capacidad de campo es de 28% para los estratos de 0-40 cm. El punto de marchites permanente es de 15.22%, mientras que la densidad aparente es de 1.26 g/cm³.

Agua.

El agua utilizada para riego pertenece a la clase C₃S₁, lo que significa que es de Calidad media, apta para suelos bien drenados en donde se puede establecer cultivos con tolerancia a sales (Narro, 1985).

Establecimiento Del Experimento.

Preparación del terreno.

Para la preparación del terreno fue necesario el rastreado aplicando una cruz para desmenuzar los terrones del primer rastreo, por lo cual fue necesario utilizar un tractor y un implemento de rastreo.

Marcado del terreno.

El marcado del terreno se realizo con una rafia en la cual se seccionó el terreno para marcar los límites de cada tratamiento y con su respectiva repetición.

Acolchado y colocación de cintilla.

Las cintillas fueron colocadas después de levantadas las camas de cultivo simultáneamente con el acolchado. Para acolchar el terreno del sitio experimental fue necesario utilizar un tractor y un implemento para acolchar. Al igual las cintillas utilizadas para la aplicación del bromuro de metilo fueron colocadas junto con las cubiertas plásticas.

Aplicación del bromuro de metilo.

El bromuro de metilo (CH_3Br) pasa por un conducto tipo boyler en donde se le aplica calor y se gasifica. El bromuro gasificado pasa por una manguera principal que la distribuye en las partes acolchadas por el sistema de riego por goteo, a través de cintillas.

Variables Evaluadas.

Población de fusarium.

Para el muestreo de población de fusarium, se sacaron muestras de un kilogramo suelo en cada profundidad a evaluar (10, 20, 30 y 40 cm.). Se realizó cinco tiempos de muestreos de suelo para la densidad de población de fusarium (0, 7, 10, 14 y 45 días) el primer muestreo se considero como el tiempo cero. Para sacar las muestras de suelo se utilizaron barrenas **ve-meyer** de una pulgada de diámetro y cada muestra de suelo fue colocado en bolsas de kilo transparentes con su respectivo clave para su identificación, para después mandarlo al laboratorio de diagnostico fitopatológico centro de investigación en alimentación y desarrollo A. C. unidad Culiacán Sinaloa.

Colocación de sensores de temperatura y radiación.

Temperatura.

El monitoreo de la temperatura del suelo inició a partir del primer día de haber instalado el acolchado y se hizo utilizando termopares tipo T marca Omega,, colocado un termopar en cada profundidad evaluada (10, 20, 30 y 40 cm.).y en cada película evaluada y almacenando los datos en un dataloger modelo 23X marca Campbell Sci, , Monitoreando las 24 horas del día durante el periodo de solarización.

Radiación.

Para medir la radiación total que pasa a través de cada película, se colocó un piranometro marca Apogge modelo PYR que mide radiación en el rango de 300 y 1100 nm en el sistema internacional de unidades en wats colocados por debajo de cada tipo de película y estos sensores se conectaron al Data Logger CR23X micrologger de Campbell Sci. Tomándose lecturas cada minuto y almacenar la media cada hora durante el período diario de luz, de 12 horas diarias. Durante el proceso de solarización

Diseño Experimental

El diseño utilizado en este trabajo fue un diseño de parcelas divididas con arreglo factorial A x B donde el factor (A) son las 7 películas utilizadas, cuatro cubiertas plásticas utilizadas en la solarización y tres utilizadas en la aplicación de bromuro de metilo y el factor (B) son las cuatro profundidades evaluadas (10, 20, 30 y 40 cm.) del perfil del suelo con cuatro repeticiones cuyo modelo fue el siguiente

:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + C_j + R_{cij} + E_{ijk}$$

Con:

i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 cubiertas plásticas en la solarización y aplicación de bromuro de metilo.

j = 1, 2, 3, 4 profundidades del suelo evaluadas.

k = 1, 2, 3, 4 repeticiones.

Donde:

Y_{ijk} = variable aleatoria observable del i-esimo películas con la j-esimo profundidades del suelo y la k-esima repetición.

μ = media general.

R_i = efecto del i-esimo película.

C_j = efecto del j-esimo profundidad del suelo.

R_{cij} = efecto de la interacción del i-esimo película y el j-esimo profundidad del suelo.

E_{ijk} = error experimental.

Aplicación de bromuro

La aplicación de bromuro de metilo se hizo en un Área de 2325 m² con tres tipos de acolchado identificados **UAC, UAV y UAB**. En donde se le aplicó 17.4 Kg de bromuro de metilo, a una dosis de 50 Kg/ha, utilizando el método de gas caliente aplicado a través de la cinta de riego.

Solarización

Para el control físico con solarización se utilizó 4 cubiertas plásticas con un tamaño de repetición de 75.6 m² (7x10.8), identificadas **MHU, MHV, MM 280 y MM 140**. Con un arreglo de parcelas divididas A x B donde la parcela mayor fue el tiempo de solarización (0, 7, 10, 14 y 45 días) y la parcela menor son las cuatro cubiertas plásticas.

Las películas utilizadas para la aplicación del bromuro de metilo fueron de color negro y blanco, se utiliza claves porque cada una de ellos tiene formulaciones químicas diferentes y en las películas utilizadas para la solarización fueron de color transparente al igual se utilizó claves porque tiene formulaciones diferentes

RESULTADOS

Densidad de Fusarium

Tiempo Cero (Muestreo 1).

El muestreo del tiempo cero se utilizó como referencia y comparación para los muestreos subsecuentes. En este muestreo la mayor cantidad de propágulos se encontraron en las profundidades 10, 20 y 30 cm. Debido a que es en esta zona es donde se establece el sistema radicular de la mayoría de los cultivos hortícola, y donde encuentran los medios adecuados para su propagación (agrios, 2005). La presencia de propágulos de *fusarium* fue tres veces menor a los 40 cm de profundidad del suelo, comparado con las otras tres profundidades evaluadas (Cuadro 4.1)

Cuadro4.1.Población propágulos de *Fusarium* sp por gramo de suelo en el tiempo cero

Profundidad Suelo (cm)	Tiempo cero
0 – 10	1625.8 a
10 – 20	1868.4 a
20 – 30	1548.2 a
30 – 40	537.5 b

Carga patogénica de propágulos de fusarium en los diferentes tiempos de muestreo con respecto a las películas evaluadas

Siete Días de Solarización:

Con respecto a las diferentes profundidades de muestreo, sin considerar los tipos de película se observó que en este factor hubo diferencia estadística significativa (Cuadro 4.2) encontrándose que en las profundidades menores 0 – 10 y 10 a 20 cm las concentraciones de propágulos de fusarium fueron mayores que a 30 cm y nuevamente en la profundidad mayor, 40 cm fue donde se encontró la menor población de este patógeno. Sin embargo en los muestreos de 0 a 30 cm hubo una muy ligera disminución de propágulos con respecto al tiempo cero, pero en la

profundidad de 40 cm se presento un aumento considerable del patógeno con respecto al muestreo inicial (Cuadro 4.2)

Cuadro 4.2 Por ciento de disminución de propágulos de *fusarium* a los 7 días de solarización

Profundidad Suelo (cm)	Tiempos de Solarización		Disminución de Propágulos de <i>fusarium</i> (%)
	Tiempo cero	7 días	
0 – 10	1625.8	1430.6 a	12
10 – 20	1868.4	1830.5 a	2
20 – 30	1548.2	1183.0 a	23
30 – 40	537.5	802.0 b	+ 33
Sig.		**	
DMS		426	

Diez días de solarización

Los resultados encontrados a los 10 días de solarización muestran que para el factor de profundidad de muestreo, nuevamente se observan diferencias significativas, y a la profundidad de 10 a 20 cm es donde se encuentran mas propágulos de *fusarium*, siguiendo la profundidad de 0 a 10 cm y 20 a 30. Nuevamente en la profundidad de 30 a 40 cm es donde hay menor concentración de este patógeno. Con respecto al muestreo anterior de 7 días de solarización casi no hubo variación, manteniéndose muy parecidas las concentraciones de propágulos de *fusarium* y los porcentajes de disminución ó incremento en los propágulos (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3 Por ciento de disminución de propágulos de *fusarium* a los 10 días de solarización

Profundidad Suelo (cm)	Tiempos de Solarización		Disminución de Propágulos de <i>fusarium</i> (%)
	Tiempo cero	10 días	
0 – 10	1625.8	1363.8 b	16.1
10 – 20	1868.4	1709.1 a	8.5
20 – 30	1548.2	1190.0 b	23.1
30 – 40	537.5	721.0 c	+ 34.1
Sig.		**	
DMS		392	

Catorce Días de solarización

A los 14 días de solarización en las diferentes profundidades de muestreo nuevamente se observan diferencias estadísticas significativa y un aumento considerable de propágulos de fusarium en casi todas las profundidades y (Cuadro 4.4), encontrándose que en las profundidades de 10 a 20 y 20 a 30 cm de profundidad fue donde hubo cantidades mayores del patógeno y nuevamente a la profundidad de 40 cm fue donde se encontraron las concentraciones menores, siguiéndole la profundidad de 0 a 10 cm. Sin embargo en este tiempo de solarización los mayores incrementos en los propágulos de fusarium se observaron en las profundidades de 30 a 40 cm seguido por la de 20 a 30 cm y solo de 0 a 10 cm presentó disminución del patógeno.

Como se puede observa en la figura (4.1) de la temperatura del suelo sin película plástica, las temperaturas mas altas fueron de 32 ° C a los 10 cm. de profundidad. Katan (1976) Menciona que los patógenos como fusarium son mesofilicos con un rango de temperatura de 31- 32°C. A esta temperatura el flujo de calor es menos penetrante y un medio propicio para el desarrollo de los hongos. Esto significa que la variación de temperatura es menor, y si existe aumento gradual esto permite condiciones óptimas para el desarrollo de los hongos. En los tres primeros tiempos de solarización los aumento de temperatura fueron graduales a profundidades de 20 cm hacia abajo (Figura 4.3) y no suficientes para la eliminación del patógeno, sino por el contrario permitió condiciones adecuadas para la proliferación del hongo como se puede observar en los resultados de los tres primeros tiempos de solarización. Solamente a profundidades de 0 a 10 cm las temperaturas del suelo fueron mayores a los 40 grados centígrados (Figura 4.2), suficiente para tener un efecto de deterioro del patógeno y por lo tanto disminución de las cargas de propágulos como se puede observar en el cuadro 4.4.

Cuadro 4.4 Por ciento de disminución de propágulos de *fusarium* a los 14 días de solarización.

Profundidad Suelo (cm)	Tiempos de Solarización		Disminución de Propágulos de <i>fusarium</i> (%)
	Tiempo cero	14 días	
0 – 10	1625.8	1491.3 ab	8.2
10 – 20	1868.4	2237.7 a	+ 19.6
20 – 30	1548.2	2259.2 a	+ 45.9
30 – 40	537.5	1001.9 b	+ 86.4
Sig.		**	
DMS		891	

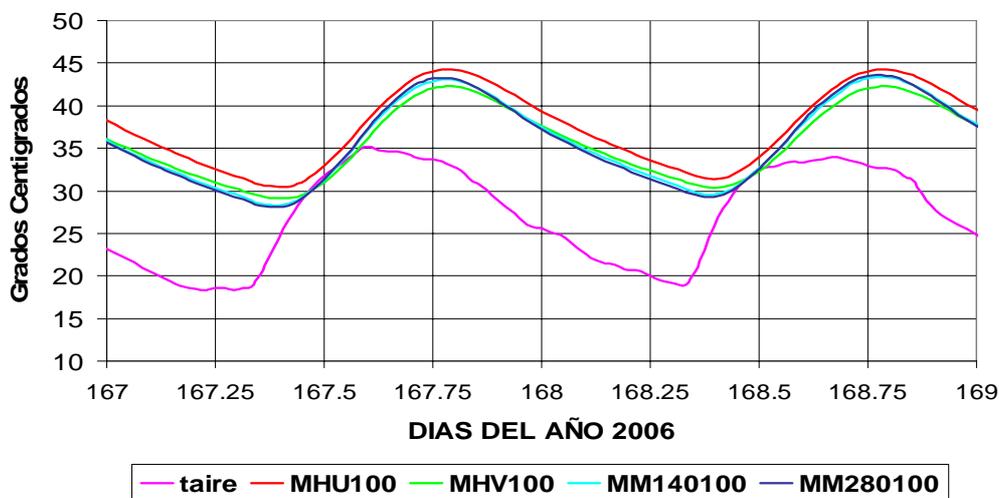


Figura (4.1) Temperatura Del Suelo En Las Diferentes Películas a 10 cm de Profundidad del suelo

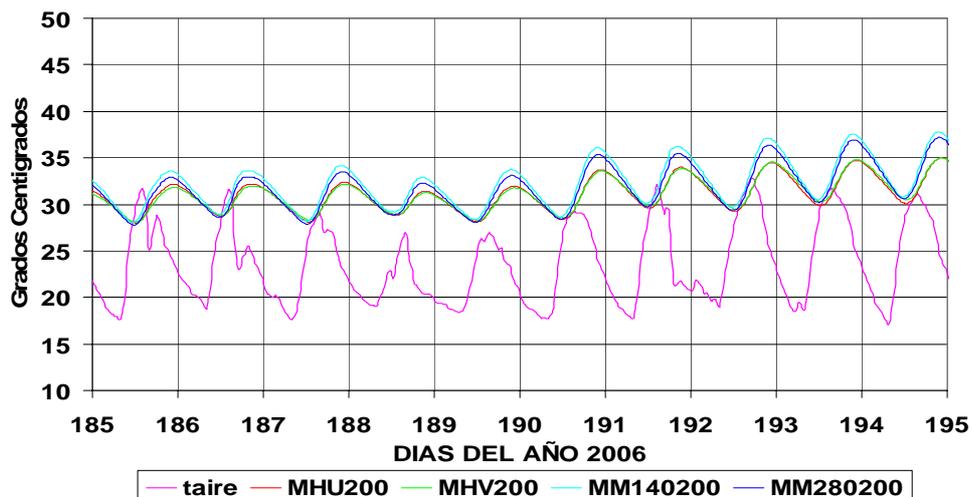


Figura (4.2) Temperatura Del Suelo En Las Diferentes Películas a 20 cm de Profundidad del suelo

Cuarenta y cinco días de solarización

En el tiempo de solarización de 45 días nuevamente se observan diferencias estadísticas significativas entre las diferentes profundidades,, encontrándose la mayor concentración de propágulos de fusarium a los 10 a 20 cm. de profundidad, seguido por 20 a 30 cm., 0 a 10 cm. y nuevamente de 30 a 40 cm. fue la profundidad con menor cantidad de propágulos de este patógeno (Cuadro 4.5). Sin embargo en este tiempo de solarización hubo una drástica disminución de las cargas de propágulos de fusarium en todas las profundidades con respecto a los anteriores tiempos de solarización, lo que significa que la generación y acumulación de calor en los primeros 14 días no fueron suficientes para que la solarización tuviera su efecto de disminución y eliminación de *fusarium*. Se observa que para tener un efecto de disminución y control de *fusarium* se necesita más tiempo de exposición al calor generado por los acolchados o mayor incremento de las temperaturas en los diferentes perfiles del suelo.

En las profundidades de 40 cm. fue donde hubo menor cantidad de propágulos de fusarium, y esto ocurrió en todos los tiempos de solarización, aunque fue a los 45 días de solarización en donde hubo mayor efecto de disminución del patógeno. Sin embargo fue de los 0 a 10 cm. de profundidad en donde los porcentajes de disminución de fusarium fueron mayores y esto es debido a que es en este perfil del suelo en donde fueron mayores los incrementos de la temperatura del suelo como se puede observar en la figura (4.2), alcanzando temperaturas en algunas películas hasta cerca de 45 °c a 10 cm. de profundidad, suficiente para tener un efecto detrimental sobre este hongo. Según katan (1976) las temperaturas alcanzadas por la solarización rebasan las temperaturas óptimas de desarrollo de muchos hongos llegando a ser detrimentales, sobre todo en los hongos mesofilos que a temperaturas de 32 °c por varios días letales. Por otro lado a mayor profundidad el flujo de calor en el suelo es menor, esto indica que a los 40 cm de profundidad la temperatura alcanzada será menor que a los 10 cm de profundidad.

Los microorganismos presentes en el perfil del suelo, cuando no encuentran los medios adecuados para su desarrollo estos entran en un estado de dormancia o se profundizan para no ser afectado por la temperatura. Cuando la humedad y temperatura del suelo son óptimas para El desarrollo del hongo este tiende a reproducirse rápidamente. Por ello como se observa en esta figura la máxima temperatura alcanzada a los 40 cm. de profundidad es de 32 °C (Figura 4.4) y por lo tanto aunque hubo disminución con respecto a los 7, 10 y 14 días de solarización, la disminución en porcentaje fue menor que en los estratos que alcanzaran temperaturas mayores. (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5 Por ciento de disminución de propágulos de *fusarium* a los 45 días de solarización

Profundidad de muestreo	Días de solarización		Disminución de propágulos de <i>fusarium</i> (%)
	Tiempo cero	45 días	
0 – 10 cm	1625.8	587.42 b	63.8
10 – 20 cm	1868.4	881.25 a	52.8
20 – 30 cm	1548.2	629.71 b	59.3
30 – 40 cm	537.5	320.89 c	40.3
Sig.		**	
DMS		211	

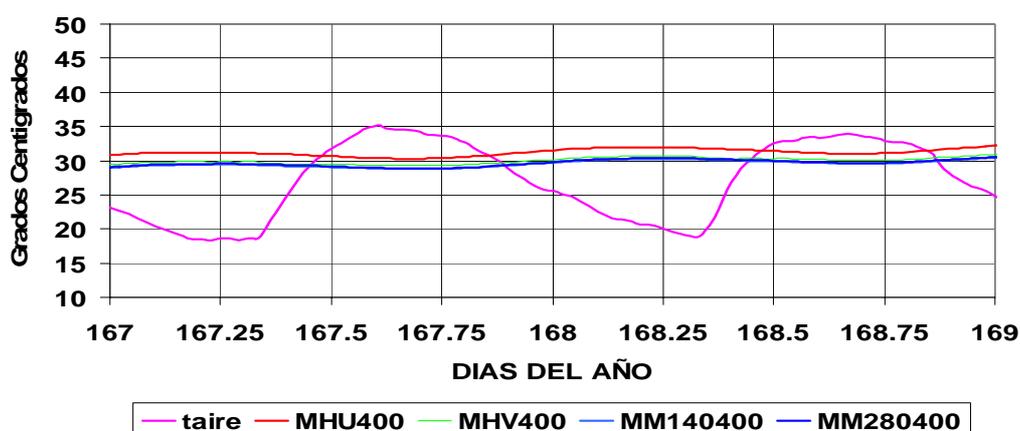


Figura (4.4) Temperatura del suelo en las diferentes películas a los 40 cm. de profundidad

Carga patogénica de propágulos de fusarium en los diferentes tiempos de muestreo con respecto a las profundidades evaluadas

Carga patogénica a los de 0 a 10 cm de profundidad del suelo

La población de patógeno a los 10 cm. de profundidad demostró tener menor número de hongos a los 45 días de solarización, (Cuadro 4.6) a comparación con el muestreo del tiempo cero, observándose los mismos resultados en las 7 películas. Los mejores resultados se tuvieron en las películas MHV y MHU, estas películas tuvieron la menor población de propágulos de *fusarium*, y en ellas se alcanzaron temperaturas de 41°C. Las películas utilizadas para la aplicación del bromuro de metilo (**UAB, UAC y UAV**), fueron las que tuvieron las poblaciones más altas de propágulos de *fusarium* en comparación con las películas utilizadas para solarización. Esto significa que la concentración usada de bromuro de metilo no fue suficientemente alta como para lograr la esterilización del suelo y eliminar el hongo, y tampoco generaron temperatura mayores de 30 °c a 10 cm. de profundidad.

Cuadro 4.6 Resultado de propágulos de *fusarium* de 0 a 10 cm. de profundidad y diferentes tiempos de solarización en las diferentes películas Plásticas utilizadas

Tipo de Película	Tiempos de Solarización					% de disminución de patógeno
	Tiempo cero	7 días	10 días	14 días	45 días	
MM 140	2033	2383	833	1083	449.5	77.9
MM 280	1299.75	883	716.25	766.25	233.25	82.06
MHU	2383	1349.75	649.5	833	383	83.93
MHV	1733	549.75	832.75	791.25	233.25	87.12
UAB	1083	1133	3116.5	1916.5	947.25	12.54
UAC	1649.5	1999.5	1616.25	2199.5	682.5	58.62
UAV	1199.75	1716.25	1782.75	2849.5	1183.25	1.37
Sig.	NS	NS	NS	NS	NS	
C.V.	34.96	28.89	26.35	38.48	34.35	

En el caso de los organismos mesofilos, es crítico un umbral de temperatura de 37 °C; la acumulación de los efectos del calor a esta o a temperaturas más altas durante un cierto tiempo, es letal. Al aumentar la temperatura se requiere menos tiempo para alcanzar una combinación letal de exposición (hongos mesofilos) puede requerir de dos a cuatro semanas, mientras que a 47 °c entre una y seis horas de exposición. (De vay, 1990).

Carga patogénica a los 10 a 20 cm. de profundidad del suelo

La población de patógenos a los 20 cm. de profundidad en general aumentó en un 12 % aproximadamente a comparación al estrato de 10 cm. de profundidad. El muestreo a los 45 días de solarización fue el mas relevante por que en ese periodo de solarización es la mas efectiva para la eliminación de los propágulos de fusarium, aunque con menor efecto a 20 cm que a los 10 cm. de profundidad (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7 Resultado de propágulos de *fusarium* de 10 a 20 cm. de profundidad y diferentes tiempos de solarización en las diferentes películas Plásticas utilizadas

Tipo de Película	Tiempos de Solarización					% de disminución de patógeno
	Tiempo cero	7 días	10 días	14 días	45 días	
M 140	2149.5	883	2199.75	2016.5	1016.25	52.72
MM 280	1581.5	2116.25	1433	2999.5	766.25	51.54
MHU	1716.5	2216.25	1616.25	2682.75	1581.25	7.87
MHV	916.25	1966.25	1849.75	1299.5	266.5	70.91
UAB	1749.5	2032.75	1533	2266.5	1031.5	41.04
UAC	3349.75	1583	2049.5	2849.75	608	81.84
UAV	1616.25	2016	1283	1549.5	899	44.37
Sig.	NS	NS	NS	NS	NS	
C.V.	34.96	28.89	26.35	38.48	34.35	

La película mas eficiente para eliminar patógenos fue la MHV (Solarización) y UAC (Aplicación químico) la cual alcanza temperaturas mayores de 35 °C, pero menores de 40 °C.

Esta película tiene ciertas características de fotoselectividad que posiblemente estén influenciando para que el patógeno disminuya en su población ejerciendo un control sobre la proliferación.

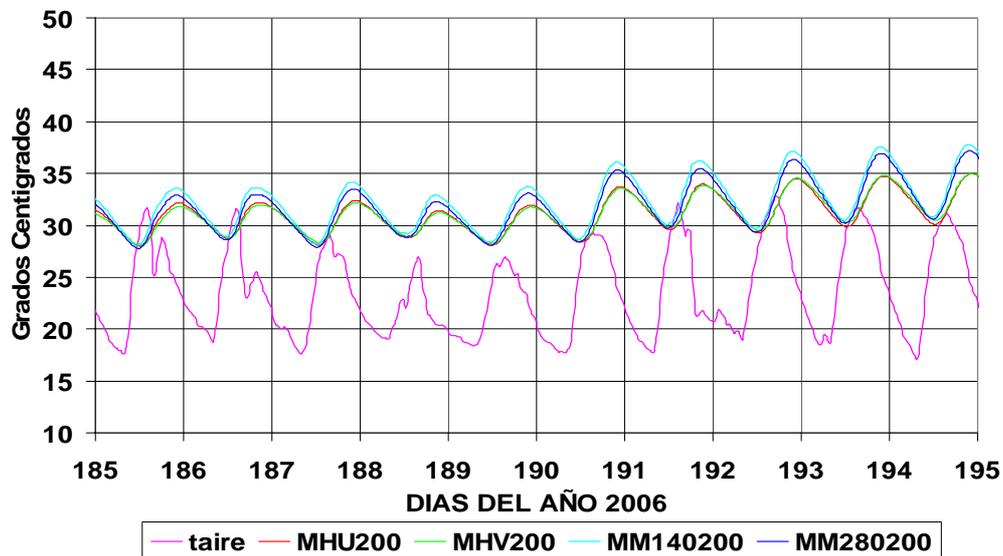


Figura (4.5) Temperatura del suelo en las diferentes películas a los 20 cm

Nuevamente se observa que los primeros 7, 10 y 14 días de solarización no fueron suficientes para tener un efecto de control y disminución de los patógenos, probablemente por que no se alcanzaron las temperaturas necesarias y la acumulación de calor no fue suficiente en tiempo de duración.

las películas MM140, MM280 y MHU fueron las que tuvieron las poblaciones mas altas de hongos, probablemente por una estimulación de crecimiento por condiciones favorables de humedad y temperatura, ya que es en esta zona es en donde se localiza la mayor parte del sistema radicular de las hortalizas.

Mientras que en las películas utilizadas en la parcela con la aplicación de bromuro de metilo (UAB y UAV) se mantuvieron con valores semejantes con respecto con los 10 cm. de profundidad. Probablemente la aplicación de bromuro no tuvo efectividad o la concentración usada no fue la adecuada ya que también se vio un incremento en el patógeno en los primeros 14 días y a los 45 días se disminuyo en aproximadamente 50 % posiblemente debido también a la acumulación de calor generado por los acolchados durante los 45 días, aunque en menor grado que en los acolchados fotoselectivos.

Carga patogénica a los 20 a 30 cm de profundidad del suelo

En esta profundidad de 20 a 30 cm. la población total de patógeno en las películas y tiempos de muestreo son relativamente bajos pero no supera la eficiencia al de los 10 cm. de profundidad, siendo el muestreo a los 45 días de solarización el mas eficiente para la eliminación de poblaciones de patógenos (Cuadro 4,8), y esto es debido a que a los primeros 10 cm. de profundidad se alcanzaron las mas altas temperaturas si hacemos la comparación con las otras 3 profundidades. Las películas más eficientes para eliminar patógenos fueron la MM140 (solarización) y UAC (control químico) mientras que las de más películas eliminaron cantidades muy bajas de bajas de patógeno.

Cuadro 4.8 Resultado de propágulos de *fusarium* de 20 a 30 cm. de profundidad y diferentes tiempos de solarización en las diferentes películas plásticas utilizadas

Tipo de Película	Tiempos de Solarización					% de disminución de patógeno
	Tiempo cero	7 días	10 días	14 días	45 días	
M M140	2049.75	983	1183	5133.25	449.5	78.07
MM 280	666.25	1033	1499.5	2083.25	516.5	22.47
MHU	656.25	1766.25	749.5	1666.5	533	18.78
MHV	850	1066.5	1416.5	1182.75	383	54.94
UAB	2066.25	1416.25	1216.25	1683	931.5	45.91
UAC	3166.25	933	916.25	2616.25	798	74.79
UAV	1383.25	1083.25	1349.75	1449.5	796.5	42.41
Sig.	NS	NS	NS	NS	NS	
C.V.	34.96	28.89	26.35	38.48	34.35	

Resultados de 30 a 40 cm de profundidad del suelo

En esta profundidad se tiene las poblaciones mas bajas de patógenos esto se puede deber a diversos factores pero principalmente a que en esta profundidad hay menos exploración de las raíces de los cultivos y por lo tanto también la proliferación de organismos patógenos es baja. También se observa en los primeros 14 días un aumento en la cantidad de propágulos de *fusarium* y es hasta los 45 días de solarización cuando se observa un efecto de solarización que disminuyó las poblaciones de este patógeno (Cuadro 4.9). Sin embargo a esta

profundidad del suelo la diferencia entre la carga de propágulos de fusarium entre el tiempo de solarización de 45 días con respecto al tiempo cero fue mucho menor que la alcanzada a 10 cm. de profundidad y esto principalmente se debe a que la temperatura alcanzada a 10 cm. fue mucho mayor (mas de 45 °c), que la alcanzada a 40 cm. que fue de entre 30 y 32 °C. Las películas que eliminaron el mayor número de patógeno a esta profundidad de 40 cm fueron MM140 y MHU (solarización) mientras películas eliminaron una menor cantidad de patógeno.

Cuadro 4.9 Resultado de 30 a 40 cm. de profundidad y diferentes tipos de solarización en las diferentes películas plásticas utilizadas

Tipo de Película	Tiempos de Solarización					% de disminución de patógeno
	Tiempo cero	7 días	10 días	14 días	45 días	
MM 140	833	933	332.75	716	183	78.03
MM 280	316.25	1166.25	849.5	849.75	383.25	+17.48
MHU	449.75	583	749.5	1066.25	133	70.42
MHV	498	266.5	416.25	833	666	25.22
UAB	849.5	766.25	1099.75	599.75	332.5	60.83
UAC	449.75	899.75	750	1616.25	341.5	24.06
UAV	366.25	999.75	849.75	1332.75	206.5	43.61
Sig.	NS	NS	NS	NS	NS	
C.V.	34.96	28.89	26.35	38.48	34.35	

V. CONCLUSIONES.

El mejor tiempo para eliminar el mayor numero de propágulos de fusarium es a los 45 días de solarización (en los días mas calidos del año). Las mejor película es la **MHV** (solarización) por matar el mayor numero de patógenos en las 3 primeras profundidades 10, 20 y 30 cm. seguido por la película **MHU** (solarización) que elimino una gran cantidad de patógenos en las profundidad de 40 cm. Estas dos películas son las más aptas para la desinfección de suelo en esta zona de Saltillo.

El bromuro de metilo es eficiente para el control de patógeno en el suelo, sin embargo los porcentajes de control en las cubiertas del control químico estuvieron por de bajo de los tratamientos de solarización.

Al aumentar la dosis en la aplicación de bromuro de metilo podría incrementar el control de patógeno.

La solarización prolongada hasta 45 días es mas eficiente que el uso de bromuro de metilo a una dosis de 50 Kg / ha.

La solarización aplicada por 14 días o menos no tiene un control eficiente de propágulos de fusarium.

Es necesario realizar más estudios para evaluar el efecto de la solarización en el control del fusarium a tiempos mayores de 14 días y menores de 45.

VI. LITERATURA CITADA

Alexander, R. T. 1990. Proceedings of the Forty-Third New Zealand Weed and Pest Control Conference. p. 270-273.

Aviña, G. M. E. 1995. Fenología, Fonometría y Rendimiento en Calabacita con Acolchado Plástico, Cubiertas Flotantes y Ethrel. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista Saltillo. Pag 265.

Agrios G. N. 2005. Fitopatología. Agrícola. Departamento de fitopatología universidad de massachusetts, 2ª ed – México-pag-689.

Badiola. J. S.L. y Reus 1997. Los plásticos y la agricultura. Ed. De horticultura. Mexico.204pp.

Baker A. L 1962 Nitrate Acumulations in soils cave with plastic mulch. Agronomy jour 54:336.

Caussanel J. A. 1997. Trovelot., J. Vivant., S. Gianinazzi. 1997. Efects of Soil Solaritation on Weed Infestation and on Mycorrhizas Development. Second International

Cotero G., M. A. 1997. Resistencia de Malezas a Herbicidas. Informe Reunión Regional pp. 36, Jaboticabal, Brasil. FAO, División de Producción y Protección Vegetal. Conference on Soil Solarization and Integrated Management of Soilborne Pest. CARDA, Aleppo, Syria.

Cebolla, V. y M.García 1984. Desinfección de suelo en cultivo del fresón al aire libre y bajo invernadero. Publicaciones SEA Moncada (Valencia) Diciembre 1984

DeVay, J. E. 1995. Solarization: An enviroment-friendly technology for pest management. Arab Journal of Plant Protection 13(2): 97-102.

Olivares E. S enz. Programa utilizado para el análisis estadístico. Guadalupe, N. L. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) (Venus 1443)

Elmore, R. P. 1985. Handbook of tetrazolium testing. The International Seed Testing Association, Zurich. 99 pp.

Elmore, C. 1997. Range of Pest Controlled by Solarization and their heat sensibility. Second International Conference on Soil Solarization and Integrated Management of Soilborne Pest. CARDA, Aleppo, Syria-pag.365.

Elmore, C. L., J. J. Stapleton., C. E. Bell., y J. E. DeVay. 1997. Soil Solarization a Nonpesticidal Method for Controlling Diseases, Nematodes, and Weeds. University of California. Publication 21-377.

Herrera 1990. Edafología. Ciencias Ambientales. Lección 5 Propiedades del suelo. Propiedades físicas. Propiedades térmicas.

García, M. E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Coopen (adaptada a las condiciones de la República Mexicana). Ed. Cuarta. País México.-pag-456

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación de kopen adaptado a las condiciones de la republica mexicana. Instituto de geografía de la UNAM, México-Pág.-276

Gamliel, A. et. al. 1993. Improvement of growth and yield of *Gypsophila paniculata* by solarization or fumigation of soil or container medium in continous cropping systems. plant. Dis. 77:933-938.

Gamliel, A. and Katan,J. 1993. Suppression of major and minor pathogens by fluorescent pseudomonas in Solarized and nosolarized soils. phytopathology. 83:68-75.

Gómez, L. R. F. 1994. Efecto de las películas plásticas foselectivas para acolchado de suelos en calabacita (*Cucúrbita pepo* L. cv *zucchini* Gray). Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila.pag-556.

Haidar M., N. Iskandarani. 1997. Soil Solarization for control of Dodder and other Weed In Lebanon. Second International Conference on Soil Solarization and Integrated Management of Soilborne Pest. CARDA, Aleppo, Syria.

Katan J., Greenberger, A. Alon, H. Greenstein A. 1976. El calentamiento solar por el polietileno que cubría con pajote para el control de enfermedades causada por los patógenos suelo-llevados. *Phytopathology* 66:683 – 688.

Katan, J. et. al 1980. Solar Heating of the soil for the control of pink root and other soil borne diseases in onios. *phytoparasitica*.

Katan J. 1981. Solar Heating (solarization) of soil for control of soil borne pests. *Ann. Rev. Phytopathology*. 19:211-236.

Katan and De Vay, 1991. Soil Solarization, CRC press, Boca Raton Ann Arbor, Boston London, USA.-489

Narro, C. A. 1985. El Acolchado de Suelos, Metodología y Riego en el Cultivo del Chícharo. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista Saltillo, Coahuila.pag-98

Posos, P. P. 2001. Principales malezas en el cultivo de la caña de azúcar en México. CD. Centro Universitario Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.pag-343.

Pullman, G. S (1981). Soil solarization effects on verticilium wilt and soilborne populations of verticilium dahliae, pythium spp Rhizoctonia solani, and thielaviopsis basicola, (Disease control and pest management.). V71 (9) p. 954-959.

Pullman, G. S. 1981, Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature the four soilborne pathogens. Phytopathology 71: 959-964.

Salas H. 2002. Tesis Solarización y adición de estiércol caprino para el control de malezas y su efecto en el rendimiento del cultivo de melón. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista Saltillo. Pag 289

Stapleton J.J.; DeVay J.E.; 1982. Efecto del solarización del suelo en las poblaciones de microorganismos del suelo, llevados seleccionados y crecimiento de las plantas de semillero de hojas caducas del árbol frutal. Phytopathology 72:323 - 326

Stapleton, J.J. and Devay, J.E. 1983. Effect of soil solarization on populations of selected soilborne microorganisms and growth of deciduous fruit tree seedlings phytopatology pag.-263

Stapleton, J.J. and Devay J.E. 1985. soil solarization: a non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. Crop protection. 5:190-198

Stapleton, J.J. and Devay J.E. 1986. Response of phytoparasitic and freeliving nematodes to soil solarization and 1,3 dichloropropane in California. phytopathology. 73: 1429-1437.

Yucel, S. H .2000. Pala., S. Cali., A. Erkilic. y R. Albajes.. Combination of *Trichoderma spp.* and soil Solarization to Control Root rot Diseases of Cucumber in Greenhouses Conditions. IOBC-WPRS Working-pag.227