

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Manejo Integrado de Nematodos Fitopatógenos

Monografía

Presentado Por:

Francisco Javier Pintor Malacara

como requisito parcial para obtener

el Título de:

Ingeniero Agrónomo Parasitólogo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Febrero, 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

División De Agronomía

Manejo Integrado de Nematodos Fitopatógenos

Monografía

Por:

Francisco Javier Pintor Malacara

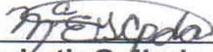
Que Somete a Consideración de H. Jurado Examinador Como Requisito
Parcial para Obtener el Título de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo

Aprobado por:

Presidente del Jurado

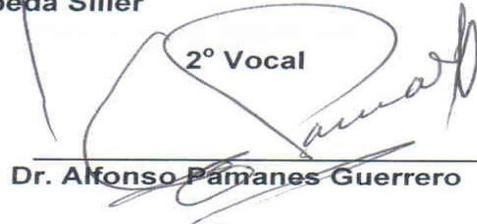
Dr. Melchor Cepeda Siller

1^{er} Vocal



MC. Elizabeth Galindo Cepeda

2^o Vocal



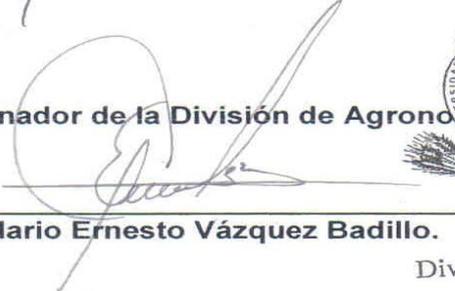
Dr. Alfonso Pámanes Guerrero

Suplente



MC. Maria Magdalena Rodriguez Valdez

El Coordinador de la División de Agronomía



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo.



Coordinación
División de Agronomía

Buenavista Saltillo Coahuila Febrero 2010

DEDICATORIA

A DIOS Y A LA VIRGEN DE GUADALUPE:

Por iluminarme por el camino de la vida, darme paciencia y fortaleza para salir adelante.

A MIS PADRES.

Sr. Francisco Javier Pintor Gómez y Sra. Hermila Malacara Peña

Por su gran amor, confianza y ejemplo, porque me inculcaron los principios de superación sin importar condiciones limitantes. Quien me enseñó que las restricciones materiales son solo una ilusión cuando en verdad se desea alcanzar un objetivo. Que dios los bendiga y los guarde para siempre ya que son los pilares de la familia. Los quiero mucho.

Con mucho cariño e infinito agradecimiento a mis hermanos y cuñado quienes siempre me apoyaron incondicionalmente para seguir estudiando y superándome cada día.

A MIS HERMANOS Y CUÑADO.

Manuel De Jesús Pintor Malacara.

Yessica Yaneth Pintor Malacara.

Fátima Guadalupe Pintor Malacara.

Manuel Malacara Peña.

Mario Alberto Moreno Infante.

A MIS SOBRINITO:

Ronaldho De Asís Moreno Pintor

A MIS ABUELOS:

María Peña Charles.

Manuel Malacara Rojas

María Rafaela Gómez Martínez.

Jesús Pintor Arredondo

A mis abuelos con mucho cariño y amor, por cada una de las oraciones ofrecida durante mi vida. Dios los bendiga. “Porque la mejor herencia de los padres a los hijos es el estudio”. Gracias.

A MIS TIOS.

María Elena, Araceli, Raymundo, Mario, Reyes, Miguel, Ing. Sergio Pintor, Irma, Ma. De Jesús, Ma. De La Luz, Ma. Del Socorro, Rafael, Antonio, Leticia, Juan, Blanca, Juan Ramón, Juany, Orazio, Olga y Carmen.

Mil gracias por su comprensión y cariño, además a que me han enseñado a andar por el camino de la vida, y estar conmigo en los momentos difíciles de mi vida, motivándome a salir adelante y en especial al tío el Ing. Sergio Pintor Gómez.

“Que este trabajo ayude a aplicar nuestros conocimientos y sea una fuente de consulta”.

A MIS PRIMOS.

Arely, Raymundo, Adrian, Pablo, Mundo, Mario, Ing. Orlando, Ulises, Juan Ramón, Juan Carlos, Luis Ángel, Mary Cruz, Mirna, Iván, Armando, Reina, Juany, Pipe, Cecilia, Gaby, Adaly, Jazmín, Lorena, Oscar, José Ernesto, Carlitos, Sergio, Mary José, Emiliana, Paty, Osiel, Bernardo, Víctor Hugo, Luis Gerardo, Juliana, Adriana, Yamilet, Ángela, Luis, Rafaelito, por su cariño y comprensión, además de la gran amistad sincera que existe entre nosotros y por todo el cariño que le tengo a cada uno en especial.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE GENERACION CVI

Por su amistad sincera, apoyo mutuo y el cariño que me han brindado me llevo gratos momentos durante mi estancia en mi ALMA TERRA MATER nunca los olvidare.

AGRADECIMIENTOS.

Al Dr. Melchor Cepeda Siller, por brindar su apoyo desinteresado en la asesoría para la realización, conducción y revisión del presente trabajo.

M. C. María Elizabeth por su apoyo incondicional en la asesoría y realización de este trabajo.

Dr. Alfonso Pamanes Guerrero, por bridarme su tiempo incondicional para realizar este trabajo de titulación.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADESIMIENTOS.....	III
INDICE GENERAL.....	IV
INTRODUCCION.....	1
MANEJO FISICO.....	1
Calor.....	2
Tratamiento térmico de la tierra.....	2
Tratamiento de los vegetales con agua caliente.....	3
Solarización.....	5
MANEJO CULTURAL.....	8
Terreno barbechado.....	9
Terreno rastreado.....	9
Terreno nivelado.....	10
Rotación de cultivos.....	10
Inundación.....	14
MANEJO BIOLÓGICO.....	14
Tipos de enemigos naturales.....	17
Protozoarios.....	17

Amibas.....	18
Ácaros.....	18
Insectos.....	19
Virus.....	19
Rickettsias.....	19
Bacterias.....	20
Hongos nematófagos.....	22
Hongos antagónicos.....	22
Nematodos.....	25
MANEJO QUIMICO.....	25
Hidrocarburos Halogenados.....	26
Organofosforados.....	31
Isotiocianatos.....	39
Carbamatos.....	40
MANEJO GENETICO.....	46
MANEJO LEGAL.....	50
Cuarentena.....	50
Enfermedad causadas por nematodos de importancia cuarentenaria.....	51
<i>Ditylenchus destructor</i>	51

<i>Ditylenchus dipsaci</i>	55
<i>Globodera rostochiensis</i>	57
<i>Meloidogyne</i> ssp.....	60
<i>Rhadopholus similis</i>	65
<i>Rhadinaphelenchus cocophilus</i>	71
<i>Xiphinema index</i>	73
MANEJO ORGANICO.....	75
Que es la agricultura orgánica.....	75
El ambiente regulatorio y la toma decisiva en el manejo de plagas.....	77
Biofumigaciones.....	80
Plantas con propiedades nematicidas.....	81
CONCLUSIÓN.....	83
BIBLIOGRAFIA.....	84

INTRODUCCION

Las plagas agrícolas pueden ser controladas eficazmente aplicando las estrategias de manejo integrado, una alternativa racional para disminuir la dependencia en el uso de nematicidas químicos. Se basa en las prácticas culturales con orientación al control de nematodos, la capacidad que tiene las plantas para tolerar o resistir daños a plagas, en este caso hablando de nematodos y la acción de los factores naturales de mortalidad (Pintor 2009).

El control del nematodo se ha llevado a la práctica empleando los diferentes métodos de manejo (físico, legal, cultural, genético, biológico, químico y orgánico), teniendo los resultados positivos con alguno de ellos, pero sobre todo cuando se combina y se ponen en la práctica en forma integral. Un manejo integrado recomendado es el siguiente: no tener cultivos hospederos, usar variedades resistentes y nematicidas. Otra forma de manejo integrado es la combinación de certificación de semillas y la rotación de cultivos. Una última recomendación del manejo integrado son las siguientes: tratar el suelo con nematicidas, el segundo y tercer año cultivar leguminosas no hospederas y el cuarto año otro cultivo (CIP 1988).

Palabras claves: Nematodo, manejo integrado, fitoparásitos, control de nematodos

MANEJO FÍSICO

El control físico es uno de los métodos usados para el control de nematodos fitopatógenos, y este método es el uso de tratamientos mediante la aplicación de calor seco húmedo, agua caliente, vapor, baja temperatura, electricidad, irradiación o una combinación de ellos, este método es constante ya sea al suelo o a los vegetales Pintor (2009).

Por su cutícula impermeable, los nematodos son excepcionalmente resistentes a la mayoría de sustancias químicas. Aunque todos los nematodos deben encontrarse en un ambiente húmedo para que puedan desarrollar sus actividades normales de crecimiento y reproducción, muchas de las especies que

habitan en los suelos sufren ciertos cambios fisiológicos y entran a un estado latente durante los periodos de sequia.

Muchos de los parásitos de los vegetales tienen etapas persistentes y resistentes en el ciclo de vida durante las cuales se mantienen latentes, aunque viables, en estado de sequedad, por los largos periodos. Los nematodos son algo sensible al calor y en muchas de sus etapas, se aniquila rápidamente a temperaturas de 44.4°C a 48.9°C.

Calor

Uno de los métodos más antiguos es el manejo de los nematodos, aniquilándolos por el calor. Este se hace usando en dos formas.

Tratamiento térmico de las tierras

En pequeñas cantidades, los suelos pueden calentarse lo suficiente para matar los nematodos, por lo cual se extiende en capas delgadas y se colocan en una estufa.

Se han inventado diferentes métodos para aplicar vapor a las tierras en los lechos de los invernaderos, almácigos y otras zonas pequeñas. El método del caldero invertido consiste, como su nombre lo indica, en invertir sobre la zona un caldero de unos 25 cm de profundidad, con los bordes hincados hasta una profundidad de 5 a 8 cm en el suelo, dejando un espacio entre la superficie del suelo y el fondo del caldero. Se inyecta vapor a presión en este espacio y el tratamiento a vapor se continúa por unos 30 minutos, o más, para que el suelo se calienta suficientemente hasta la profundidad deseada. Una prueba simple es enterrar una patata en el lugar donde sea probable que la tierra se caliente menos y continúe la aplicación del vapor hasta que la papa esté cocida.

Un método es sepultar en la tierra, tubos de barro o perforados, cubrir el suelo con una lona e inyectar vapor a través de los tubos. Los almácigos pueden construirse con los tubos sepultados, como instalación permanente.

Tratamiento de los vegetales con agua caliente.

Este método involucra la muerte de nematodos dentro de tejidos de las plantas mediante la inmersión de la planta en un tanque de agua caliente.

El tanque de agua caliente deberá contar una agitación y circulación adecuada del agua, con el fin de mantener una temperatura constante en todas las partes del tanque.

Para el control y prevención de *Ditylenchus dipsaci* y *D. destructor*, el uso de semilla sana es esencial. Tratamientos de semillas con agua caliente o calor seco y la inmersión con nematicidas sistémicos (Dropkin 1980; Sturhan y Brazeski 1991)

Este método tiene el propósito de mata a los nematodos que se encuentren dentro de los vegetales, sumergiéndolas en agua caliente durante periodos cortos. Este método se ha usado muy ampliamente, y con éxito, para combatir el nematodo del tallo en el narciso y en algunos otros vegetales con bulbo. El tratamiento con agua caliente se adapta mejor para librar de nematodos a bulbos, bulbillos, tubérculos y raíces suculentas, cuando se encuentran en una condición latente. Puede emplearse el tratamiento para algunas clases de almácigos infectados, aunque las plantas de raíces fibrosas son menos tolerantes, por lo que el método no ha tenido aceptación entre los cultivadores.

El punto térmico letal para los diferentes nematodos varía según las diversas especies y las distintas etapas dentro de cada una de ellas. La temperatura que los vegetales toleran sin dañarse gravemente, varia con los diferentes vegetales, con su condición de actividades y con otros factores. En muchos casos, es muy reducido el margen de seguridad entre la temperatura mortal para los nematodos y la que tolera el vegetal, por lo que debe regularse con exactitud.

Cuando los nematodos se encuentran en estado latente, el empapado previo con agua a la temperatura ambiental, durante dos o cuatro horas, tiende a despertar los parásitos y a facilitar su aniquilación. Algunas veces, se recomienda

la adición de un agente humectante al agua de empapado, a la del baño, o a ambas.

El tratamiento que se recomienda para los bulbos de narciso, infestado con el nematodo del tallo *D. dipsaci*, en un baño en agua-formol a 43.3°C durante cuatro horas; para los bulbos de iris, de la variedad Wedgewood, infestados con *D. destructor*, un baño en agua-formol a 43.3°C durante tres horas. En cualquiera de los casos, el tiempo comienza a contarse desde el momento en que los bulbos se colocan en el tanque de tratamiento y la temperatura se establece.

Baines y Cols (1949), encontraron que, para los retoños de cítricos de viveros, era eficaz el tratamiento con agua caliente para combatir el nematodo *Tylenchulus semipenetrans* y el hongo *Phytophthora citrophthora* (R.E y E.H. Sm.) Leonian, que produce la pudrición parda de la gomosis. Recomiendan ellos que los arboles se tratan con las raíces desnudas, durante 10 minutos, en un baño de agua a 46.7°C. En una recomendación posterior para el control del nematodo cítrico.

Jense y Cavenes (1954), recomiendan el tratamiento en un baño agua-formol a 43.9°C durante una hora, para eliminar los nematodos de los bulbos de lirio Easter infestados con el nematodo de la yema *Aphelenchoides fragariae*. Aunque se recomienda para los híbridos Bellingham, es probable que se pueda aplicar el mismo tratamiento para otras variedades. Cuando se retiran del baño de tratamiento, los bulbos deben sumergirse durante tres minutos en una solución de 10 gramos por litro (5 onzas en 3 galones) de Spergon humectable al 25%.

Goheen y McGrew (1954) informan que el baño de agua caliente es letal para los nematodos lesionante *Pratylenchus penetrans* y para el nematodo de los nódulos radiculares, *M. hapla*, en las raíces de las plantas de fresa, sin daño apreciable, si se tratan cuando se encuentran en un estado estrictamente latente. Sus datos sugieren que pueden emplearse diferentes tratamientos, tales como 49.4°C durante 2.5 min, 51°C durante 60 segundos. Las habilidades de las fresas para tolerar el agua caliente dependen de la variedad y de la condición de las plantas, en especie de sus estados latentes. Sería recomendable que los

cultivadores, que pretendieran aplicar tal tratamiento, los ensayos en unas cuantas plantas antes de arriesgarse con una cantidad considerable de ellas.

Son un tanto erráticos los resultados de los tratamientos con agua caliente para la erradicación de los nódulos radiculares, lo que probablemente se debe a que las diversas especies de nematodos difieren en su capacidad para resistir altas temperaturas. En general, para el tratamiento de bulbos, bulbillos y raíces suculentas, se necesita sumergirlos en el baño de tratamiento durante periodos de 30 minutos a una hora, a temperaturas entre 46.6°C y 48.9°C. Para algunos tipos de plantas de raíces fibrosas, se ha informado que conduce a buenos resultados el tratamiento durante 10 minutos a 50°C.

Solarización

El método combinado de solarización- biofumigación, está considerado entre los de mayor aceptación por técnicos y productores que lo han experimentado en esta provincia, en otras regiones de Argentina y en el exterior; en busca de una alternativa para no utilizar pesticidas que producen graves daños a la salud y el medio ambiente, tal es el caso y reclamo a nivel mundial de reemplazar lo antes posible, por ser el caso de mayor seriedad: ¡el Bromuro de Metilo.

“Es necesario el uso de criterios ecológicos en agricultura que permitan conocer cuáles son los elementos y procesos claves en el funcionamiento de los agrosistemas. En relación con el BM hemos elegido la función de la materia orgánica a través de los procesos de degradación que producen gases capaces de controlar los patógenos de los vegetales. Este proceso ha sido definido como biofumigación” (Kirkegaard *et al.* 1993b; Bello 1998).

“En verano la solarización afecto los géneros de nemátodos fitófagos, detectados antes de aplicar dicha técnica para desinfección del suelo y se hallan al final de ese proceso varios nematodos saprófagos”. “De los cinco géneros de nemátodos hallados solamente al final del tratamiento se encuentran un número no significativo de *Nothocriconema* y varios saprófagos” (Niquén – B., E., y Venialgo- Ch., C.; 1998- 1999).

“El desarrollo de ésta técnica a mediados de otoño, con estiércol de gallina no dio los resultados deseados, por cuánto se pudo comprobar que de los 9 géneros de nemátodos hallados inicialmente, luego del proceso de la solarización, biofumigación solamente son afectados tres géneros: *Aphelenchus*, *Criconemella* y *Xiphidorus*. Cabe agregar que las condiciones en la parcela tratada, fueron propicias para el crecimiento de las malezas *Cyperus rotundus* y *Oxalis* spp en un 23% y 11% respectivamente” (Niquén- Bardales E. & Venialgo Chamorro C. 1999- 2001).

También existe la técnica de solarización que consiste en cubrir el suelo húmedo de una cama de vivero con plástico transparente y dejarlo expuesto al sol por varias semanas. La temperatura del suelo se eleva a niveles que son letales para insectos, hongos y nemátodos (Alcázar y Co/s 1991).

La solarización fue desarrollada por Katan (1976), en Israel en la década de los setentas. Es un método de control físico ya que los patógenos son afectados por altas temperaturas que se crean por el efecto invernadero del polietileno colocado sobre el suelo. Es una técnica empleada para el control de muchos patógenos y plagas del suelo que captura la energía solar de tal modo que provoca cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo. Para ello se coloca una cubierta de polietileno transparente sobre el suelo húmedo durante los meses más calurosos del verano con el fin de aumentar la temperatura del suelo a niveles letales para muchos fitopatógenos, semillas y plántulas de malezas. Al ser la lámina de polietileno de baja permeabilidad a muchos gases, el CO₂ se acumula bajo la cubierta de plástico hasta alcanzar concentraciones 35 veces mayores a las observaciones en un suelo no cubierto (Rubin y Benjamin, 1981). Porter y Merriman (1983) indican que las cubiertas de polietileno empleadas en la solarización evitan la pérdida de calor del suelo causada por evaporación y convección, y también atrapan radiación de onda larga creando el efecto invernadero antes mencionado. La solarización del suelo también mejora la nutrición de las plantas al incrementar la disponibilidad de nitrógeno y otros nutrientes esenciales (Pullman *et. al.*, 1984).

Por otro lado, Bridge (1996) considera que la solarización es un método muy efectivo para el control de nematodos en el suelo, y que si se usa en áreas

pequeñas como viveros, es económicamente accesible. Otro factor de importante para tener éxito con la aplicación de esta técnica es el contenido de humedad del suelo al momento de cubrir el plástico el terreno. Al respecto Katan y Co/s, (1976) indican que el suelo debe conservarse húmedo para incrementar la sensibilidad térmica de los fitopatógenos y facilitar la conducción del calor a través de los poros del suelo.

Estudios realizados en Estados Unidos (Overman y Jones, 1988; Heald y Robinson, 1987; Mc Sorley y Parrado, 1986) indican que las poblaciones de *R. reniformis*, *M. incognita* fueron reducidas a un 90% utilizando la técnica de solarización de 4 a 9 semanas. En Italia (Cartia et al., 1990) las poblaciones de *M. incognita* fueron reducidas a un 50% luego de 4 semanas de utilizar esta técnica.

La solarización consiste en el calentamiento del suelo a temperaturas letales que se produzca un control físico de los patógenos del mismo. Se logra cubriendo el suelo con polietileno transparente de baja densidad (entre 40 y 100 micrones, tipo cristal) para incrementar y mantener el efecto de la radiación solar, durante 40/45 días, en época estival, donde los rayos solares inciden de forma perpendicular en la superficie del suelo, mejorando la efectividad de la técnica. En años con frecuentes lluvias o días nublados durante el período del tratamiento, el efecto de la técnica puede verse disminuido.

La solarización del suelo, un proceso hidrotérmico de desinfestación de suelos mediante el calor solar retenido bajo una película de plástico transparente (Katan, 1981), ha controlado con éxito varios patógenos de suelo incluyendo hongos (Katan, 1980), bacterias (Raio et al., 1997), y nematodos fitopatógenos (Stapleto y Heald, 1991). Afirman que la solarización del suelo se practica cubriendo el suelo agrícola finamente labrado y humectado con una película de plástico transparente. Sin embargo, la solarización de pequeños montículos o pequeños volúmenes de sustrato vivarístico apilado (*ex situ*) para usarlo en la fase de crianza representa una nueva aproximación para el manejo de patógenos de suelo (Staoleton et al., 1999). No obstante, la eficacia de este uso especial de la solarización para el control de patógenos de suelo, particularmente nematodos fitoparásitos, necesita ser previamente evaluada debido a que la desinfestación

que se alcanza durante el proceso puede ser incompleta en capas de suelo profundas o en las zonas más sombreadas del sustrato apilado. Además, algunos nematodos como *Meloidogyne* spp. Se han citado como parcialmente termotolerantes y difíciles de controlar mediante solarización del suelo (Katan, 1987). La matriz gelatinosa de las masas de huevos de *Meloidogyne*, spp. que previene a los huevos de la desecación (Orion, 1995), constituye además una protección frente a la inactivación térmica.

MANEJO CULTURAL.

Casi todos los parásitos de plantas pueden controlarse a grados variables por medio de prácticas de cultivos, así como el tratamiento de las tierras. Entre las prácticas de cultivos pueden citarse el barbecho y rastreo, aplicación de abonos orgánicos y el uso de plantas trampas y antagónicas (Anónimo 1984).

Existen métodos de control dirigidos a reducir las poblaciones del patógeno en un área, en una planta, o en partes de esta. Muchos de estos se basan en la implantación de una o varias prácticas agronómicas para lograr tal objetivo. A estas prácticas se le conocen como métodos de control cultural y difieren del control químico en el periodo que toman para surtir su efecto. Generalmente la acción de los compuestos químicos es rápida, mientras que los efectos del control cultural son relativamente lentos (Agrios, 1997).

Entre las prácticas culturales más utilizadas para el control de nematodos fitoparásitos se encuentran la rotación de cultivos, existen métodos de control dirigido a reducir las poblaciones del patógeno en un área, en una planta, o en partes de esta. Mucho de estos se basan en la importancia de una o varias practicas agronómicas para lograr tal objetivo. A estas prácticas se le conocen como métodos de control cultural y difieren del control químico en el periodo que toman para surtir su efecto.

En contraste con el control químico, el control cultural reduce gradualmente la población de nematodos, pero es relativo, porque un equilibrio económico conveniente no se puede lograr con el uso de una práctica, pero si con una combinación de ella (Cepeda 1996).

Terrenos en barbechos

Cuando se habla de dejar la tierra barbechada, simplemente significa que intencionalmente no se desarrollara cultivo alguno. Ya que se pretende dejar la tierra libre de toda vegetación, incluyendo hierbas por un cierto periodo de tiempo mediante la utilización de los diferentes arados o aplicación de herbicidas para prevenir el desarrollo de plantas no deseadas. El resultado final en la reducción de la población de nematodos por desecación. El barbecho es primeramente efectivo bajo condiciones de altas temperaturas del suelo sin lluvias en verano.

Muchas de nuestras plagas de nematodos pueden controlarse privándolas de los vegetales de los que se alimentan. Sin embargo, desde un punto de vista práctico, tiene muchas desventajas mantener la tierra ociosa durante el periodo necesario, por lo que no se considera un procedimiento recomendable para los suelos de Florida. No obstante, los cultivos que se han dañado por los nematodos que infestan las raíz no deben dejarse mucho tiempo en el campo después de cosechado, sino que deben destruirse inmediatamente, de preferencia arando el terreno para exponer las raíces a la acción desecadora del viento y del sol.

Esta práctica disminuye la población de nematodos parásitos en la mayoría de cultivos, aunque en muchos casos es adecuado realizarla para contrarrestar el efecto dañino de los nematodos.

Cuando se efectúan labores frecuentes en la tierra, la vegetación se destruye y se remueven sus diferentes capas, lográndose en primer lugar la inanición del nematodo. En segundo lugar la acción desecante del viento y sol sobre el suelo expuesto, mata a muchas especies, según sea la etapa de desarrollo en que se encuentren.

Terreno rastreado

Es una actividad que consiste en desmenuzar y mutilar las partes o porciones de tierra que han sido removidas por el arado, con la finalidad de exponer las etapas del ciclo biológico del nematodo a los factores del medio ambiente.

Terreno nivelado

Se realiza con la finalidad de eliminar el micro relieve, se debe obtener una pendiente constante, no erosiva y que al mismo tiempo permita el movimiento del agua a través de los surcos. Con el fin de que los sistemas de riego a establecer no causen concentraciones de humedad para no incrementar las poblaciones de nematodos (Pintor 2009).

Rotación de cultivos

Antes de sembrar conviene saber que la rotación de cultivos es uno de los métodos más antiguos para conservar la productividad del suelo y para controlar nematodos y otros patógenos de los vegetales naturales. Es un sistema en el que se alternan diferentes cultivos en una secuencia que habitualmente sigue un esquema prediseñado, teniendo en cuenta la funcionalidad de los cultivos elegidos.

La práctica de la rotación de cultivos a lo largo del tiempo genera una mejor calidad de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Su beneficio depende de la selección de las especies que componen la rotación. Las leguminosas como las habas, por ejemplo, contribuyen a la fijación de nitrógeno en el suelo, ya que toman el nitrógeno atmosférico y lo "depositan" en la tierra; las gramíneas, como el maíz, aportan mayor contenido de materia orgánica por medio de los rastrojos y las pasturas que actúan como restauradoras de la condición física y biológica del suelo.

Por otra parte, en la asociación de cultivos se combinan las plantas según su color, su olor, las secreciones de sus raíces, su diferente demanda de materia orgánica, etc; no sólo para favorecer su germinación y desarrollo posterior, sino también para disminuir la presencia de parásitos y mejorar la fertilidad.

La rotación de cultivos es un sistema en el cual varios cultivos se siembran en una sucesión reiterativa y en una secuencia determinada sobre un mismo terreno (Johnson *et al.*, 1995). Se refiere a la sucesión de cultivos conocidos como no hospedantes a un patógeno, es decir en los que no ocurre la multiplicación del nematodo, con el propósito de reducir su densidad poblacional

a un nivel que no sea de importancia económica para el cultivo principal. Experimentos que han durado más de 100 años en la Estación Experimental Agrícola Illinois (Estados Unidos) y Rotterdam (Inglaterra), han proporcionado importante información acerca de los efectos de la rotación de cultivos (Brock, 1997). Las pruebas indican que este sistema influye en la producción de las plantas, afectando la fertilidad, la erosión, la microbiología y las propiedades físicas del suelo, además a la sobrevivencia de agentes patógenos, y por último, el predominio de nemátodos, insectos, ácaros, malezas, lombrices de tierra y fitotoxinas (Johnson *et al.*, 1995). Las rotaciones son el medio primario para mantener la fertilidad del suelo y lograr

Antes de sembrar conviene saber que la rotación de cultivos es uno de los métodos más antiguos para conservar la productividad del suelo y para controlar nematodos y otros patógenos de los vegetales naturales. Es un sistema en el que se alternan diferentes cultivos en una secuencia que habitualmente sigue un esquema prediseñado, teniendo en cuenta la funcionalidad de los cultivos elegidos.

Invasión a sus raíces, el ciclo de vida del fitonemátodo sea interrumpido, impidiendo su multiplicación, es decir que posean el efecto de cultivo trampa (Franco *et al.*, 1998). De esta forma, algunas especies de plantas pueden ocasionar una reducción de los niveles poblacionales de los nematodos, permitiendo rendimientos económicamente aceptables, sin acudir al empleo de otras tácticas que pueden afectar los organismos benéficos del medio ambiente. De acuerdo a Bridge (1996), la rotación de cultivos puede ser uno de los medios más efectivos para el control de nemátodos en sistemas agrícolas de bajos insumos. Así mismo, menciona que el principio básico de la rotación de cultivos para el manejo de nemátodos, es la reducción inicial de las poblaciones de especies dañinas a niveles que permitan que el siguiente cultivo se pueda establecer y completar su ciclo antes de que ocurra una reinfestación económicamente importante.

La rotación de cultivos es la práctica cultural que mejores resultados ha mostrado para el control de nematodos fitoparásitos (Duncan, 1991; Rodríguez-Kábana, *et al.*1992).

Este método consiste de la siembra de plantas que no sean hospederas de los patógenos que atacan al cultivo de interés por un periodo determinado (Agrios, 1997). Tiene como propósito reducir las poblaciones de nematodos fitoparásitos, para que luego sea conveniente la producción del cultivo de interés (Barker and Koenning, 1998).

Esta práctica mejora las propiedades físico-químicas del terreno y rompe con el ciclo de plagas y enfermedades que afectan los cultivos. Por consiguiente aumentan tanto los rendimientos del cultivo principal como las ganancias del agricultor (Widmer, *et. al.*2002). Kokalis-Burelle y *Cols* (2002) evaluaron el efecto de la rotación de la gramínea *Panicum virgatum* y maní (*Arachis hypogaea* L.) como cultivo principal, en las poblaciones de *Meloidogyne arenaria* y los cambios en la flora microbiana del suelo después de un período de rotación. Luego de 3 años, la gramínea no reflejó población alguna de nematodos noduladores, a diferencia del tratamiento control sembrado con maní. Los tratamientos donde se rotó con *P. virgatum* mantuvo altas poblaciones de nematodos de vida libre y una flora bacteriana distinta a la encontrada en la rizósfera de las plantas de maní cultivadas por varios ciclos consecutivos.

Davis y *Cols.* (2003) estudiaron el efecto de un ciclo de rotación con maíz (*Zea mays* L.) y un cultivar resistente de soya (*Glycine max*), en las poblaciones de nematodos fitoparásitos que atacan el algodón (*Gossypium hirsutum*), principalmente *Rotylenchulus reniformis*. Luego de un año, las poblaciones de *R. reniformis* en los tratamientos de rotación con soya o maíz fueron significativamente más bajas que en los tratamientos donde se cultivo algodón por dos ciclos consecutivos. Los rendimientos de algodón aumentaron luego del periodo de rotación en la mayoría de las localidades experimentales.

En campo la rotación de cultivos de tres a cuatro años y la aplicación de nematicidas sistémicos y la solarización han dado buenos resultados en controles significativos (Hooper 1984sitado por Sturhan y Brazeski 1991) (Greco *et al.*, 1985; Sit *et al* 1982; Whitehead y Tite, 1987).

El método más antiguo y barato para el control o reducir el daño del nematodo agallador *Meloidogyne* spp es la rotación con cultivos no hospederos,

ya que este nematodo es un parasito obligado, que podría morir de inanición si no tiene un hospedero disponible presente. Algunos cultivos potencialmente resistentes incluyen al zacate Sudan y algunos granos pequeños. Para reducir los números del nematodo de los nódulos radiculares por debajo del umbral económico, el productor no deberá plantar un cultivo hospedero al menos dos años. Usualmente este método de control no elimina al parasito, pues rotaciones de cultivos por tantos como 12 años han resultado ineficientes para erradicar al nematodo, posiblemente por la presencia de malezas hospederas. (Kim *et al.*, 1997).

En lo referente a cultivos trampas, la lechuga se siembra de trasplante con posturas sanas y se cosecha entre 17 y 22 días para eliminar parte de la población y no lleguen a eclosionar los huevos. Las plantas se extraen cuidadosamente con un rastrillo para que no queden raíces en el suelo. Si se hacen dos siembras seguidas la población disminuye grandemente.

También se utiliza la siembra de Cempoazuchitl o flor de muertos. A este tipo de plantas los nematodos las atacan pero no se desarrollan en sus tejidos internos, es recomendable sembrar y después que florezca arrancarlas o dejarlas e incorporarlas al suelo al fin de ciclo (Anonimo 1997).

En Puerto Rico Román y *Cols* (1974) estudiaron el efecto de la rotación del zacate pangola (*Digitaria decumbens*) con plátanos sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos y el rendimientos del cultivo. Los tratamientos de la rotación se realizaron en parcelas donde se habían plantado platano (cv Enano), y posteriormente se estableció el zacate pangola en el periodo de seis meses hasta un máximo de dieciocho meses. Se evaluó también el deshierbe parcial y total del zacate Pangola durante el segundo ciclo de rotación.

Según Román y *Cols* (1974), la rotación de cultivos con esa gramínea redujo las poblaciones de *Radopholus similis*, *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis*, no así de *Pratylenchus coffeae*. Todos los tratamientos a excepción de aquel donde se cultivaron zacate Pangola por seis meses y combinado con el deshierbe parcial, aumentaron significativamente los rendimientos del cultivo sobre el tratamiento testigo.

Lucas (1965), recalco que para combatir a *Meloidogyne* era necesario evitar la rotación con cultivos susceptibles a ese nematodo, como la mayoría de las hortalizas.

Las poblaciones del nematodo declina rápidamente cuando no se encuentran plantas hospederas, por lo que el periodo de rotación es corto relativamente (Jatala, 1985).

Por otro lado, Gómez, Zavaleta y Carrillo (1991), reportan que la incorporación de cempoazuchitl reduce significativamente la población del nematodo falso agallador y el indica de agallamiento. Los mismos autores mencionan que sembrando jitomate con cempoazuchitl se reduce la población entre un 50 y 67 %.

Se ha encontrado resultados satisfactoriamente en California, utilizando el método de rotación de cultivos. El nematodo de los nódulos radiculares de la avena *Meloidogyne* spp. se controla mediante la rotación de cebada con una variedad de avena resistente.

Inundación

Esto es de 6 a 7 días exclusivo para plagas del suelo en frutales establecidos no se puede hacer esto ya que se pueden incrementar otro tipo de organismos.

La inundación de terrenos puede ser buena práctica para el control de nematodos en ciertos cultivos, porque la mayoría de ellos son acuáticos, y algunas especies pueden persistir aunque no se reproduzcan. Como ejemplo se sabe que son necesarios de 12 a 22 meses de inundación para eliminar del suelo a los nematodos de los nódulos radiculares de *Meloidogyne* spp.

MANEJO BIOLÓGICO

(Pintor 2009).Control biológico es la manipulación intencional de las poblaciones de los enemigos naturales de los insectos plaga para limitar su población. A estos organismos se les llama agentes de control y entre ellos se encuentran insectos depredadores y parásitos, así como microorganismos

patógenos de insectos. Las formulaciones comerciales de los microorganismos son conocidas como bioinsecticidas e incluyen a diferentes géneros y especies de bacterias, hongos, nemátodos y virus. Estos microorganismos, denominados entomopatógenos, son específicos: afectan sólo a determinados grupos de nematodos (hospederos) y son inofensivos para insectos benéficos, humanos y otros organismos superiores.

Se conoce organismos predadores, parásitos y patógenos que son enemigos naturales de los nematodos, y que reduce sus poblaciones. Entre los depredadores se incluyen: hongos que producen hifas adhesivas, nematodos depredadores, microartropodos, etc; entre los parásitos se incluyen Virus, Rickettsias, Actinomicetos, Bacterias como *Pasteria penetrans*, *Pasteuria penetrans* y Protozoos.

Gronvold, Henriksen, Larsen, Nansen, Wolstrup. 1996 definen como un método ecológico desarrollado por el hombre para disminuir la población parásita o plaga a densidades subclínicas aceptables o para conservar esta población en niveles no perjudiciales usando antagonistas naturales vivos. El control biológico podrá ofrecer una alternativa eficiente y segura en la reducción de las poblaciones de larvas infectantes de nematodos gastrointestinales en las pasturas.

Sewel (1965) citado por Norton (1978), define control biológico como las restricciones hechas a un organismo perjudica o a sus efectos, sean aquellas naturales o inducidas, directamente o indirecta, causadas por otro organismo o grupo de organismos.

Jenkins y *Col's* (1965) definen al control biológico es cualquier condición bajo la cual se reduce la actividad del nematodo debido a la acción de otro organismo vivo (a excepción del hombre), lo que da como resultado una disminución en la importancia del daño causado por el patógeno.

Dado que los nemátodos tienen muchos enemigos naturales, varios agentes han sido estudiados como posibles agentes de control biológico, encontrándose entre ellos, bacterias (Sterling 1985), hongos (Barron 1977),

protozoos (Canning 1973), nemátodos (Stirling 1985), y artrópodos (Lehman y Lysek 1993).

Taylor y Co/s. (1967) definen al control biológico como cualquier condición bajo la cual se reduce la actividad del nematodo a la acción de otros organismos vivos (a excepción del hombre) lo que da como una disminución en la importancia del daño causado por el patógeno. También incluyen dentro del control biológico el uso de cultivos trampa, plantas antagónicas (aquellas cuyo exudaciones radiculares resultan nematicidas o encubran el exudado de la raíz de la planta de interés que normalmente atrae al nematodo), variedades resistentes aunque estas por su importancia generalmente se trata aparte.

Hay mucha información de diferentes especies de parasitos y depredadores de nematodos, apoyados en algunas evidencias experimentales que hacen pensar en la posibilidad de controlar a las poblaciones de nematodos al mantener una alta relación de estos enemigos naturales en el suelo (Cepeda 1996).

A fines de 1982 se inicio a la multiplicación del hongo *P. lilacinus*, Thom Samson, como una alternativa en el control biológico de varios de los nematodos fitoparásitos de la papa, como los son, *M. incognita*, nematodo del nudo de la raíz y la posibilidad de uso para *G. rostochiensis*, nematodo dorado de la papa.

Los investigadores David y Zorrilla (1986), encontraron que en recuentos de quistes basadas en 100 cc de suelo en pruebas relacionadas en tratamientos antes de 45 y 90 días después del tratamiento con *P. lilacinus* fue relativamente más efectivo que el nematicida Carbofuran 3G.

Zorrilla (1990) observó en análisis de laboratorio que el hongo *P. lilacinus* probó en Blongo, Atok, Benguet Filipinas ser muy efectivo contra el nematodo dorado de la papa reduciendo significativamente la población y dio como resultado un incremento en el rendimiento de la papa, además, el nematófago probó ser fácilmente recuperado del suelo tratado con esporas.

Tipos de enemigos naturales

En principio cualquier organismo y algunos productos orgánicos, tales como el estiércol de ganado, son susceptibles al control biológico. A partir del uso de insectos entomófagos para el control de insectos plagas, el control biológico se ha extendido al uso de una amplia gama de organismo para el control de insectos, ácaros, caracoles, algunos vertebrados y plantas tan diversas como algas, hongos, hierbas, arbustos y árboles. Entre los organismos usados como agente de control se incluyen virus, bacterias y sus toxinas, hongos y otros microorganismos patógenos, nematodos, caracoles, insectos, ácaros y vertebrados de varias clases (*Wilson y Huffaker 1976*).

Mientras que los organismos utilizados como agentes de control generalmente tienen como efecto la muerte directa del organismo que atacan, a veces pueden operar de otra forma, como el caso de los hongos antagónicos que inhiben el desarrollo de otros microorganismos mediante sustancias que excretan (antibióticos) o nematodos que esterilizan a las hembras de los organismos afectados o como aquello que reduce la capacidad reproductiva o competitiva de plantas (*Wilson y Huffaker 1976*).

Protozoarios

Causan daños letales a los nematodos.

Ej. *Duboscquia penetrans* infecta a diferentes géneros, solo se sabe que puede esterilizar y matar a nematodos hospederos.

Dollfus (1946) citado por Webster (1972) informa de muchos protozoarios parásitos de nematodos, pero al parecer solo los esporozoarios (protozoos no flagelados) pueden causar daños letales en nematodos. Una especie que tiene un gran potencia para el control biológico es *Duboscquia penetrans*, que infecta a diferentes géneros, su efecto sobre poblaciones es desconocido pero se sabe que puede esterilizar y matar a nematodos de hospederos.

Canning (1972), menciona que estos protozoos son parásitos de nematodos de estoma grande, como algunos depredadores de vida libre y

nematodos bacteriófagos, que pueden ingerir oocitos de protozoarios, pero que el canal de los nematodos parásitos de plantas es demasiado pero pequeño para permitir la entrada de quistes, pero lo que no es posible que esta forma en el control biológico de nematodos formadores de quistes.

Christie (1988) menciona a los esporoblastos como parásitos internos de efecto letales sobre nematodos hospederos.

Amibas

Webster y Cols (1952) citan que especies como *Theratromyxa weber* puede devorarse un nematodo en 20 minutos a dos horas, atacan nematodos que no exceden de 1 mm, como especies de *Heterodera*, *Meloidogyne*, *Ditylenchus*, *Pratylenchus* y *Hemicycliophora*.

Norton (1978) menciona que es común que las amibas ataquen a los nematodos en el laboratorio, pero su importancia en el control de los mismos en ecosistemas naturales no se ha evaluado.

Según Christie (1982) Menciona otras amibas que son *Urostylia* sp y especies del orden *Proteomyx*.

Ácaros

Que se alimentan de un amplio rango de pequeños insectos y ácaros. La utilización de ácaros depredadores de plagas agrícolas (otros ácaros, insectos fitófagos, nematodos), es una práctica habitual en numerosos países, existiendo casas comerciales que ofrecen estos ácaros para ser introducidos en los cultivos (normalmente Mesostigmata). De forma más general, los ácaros depredadores presentes de forma natural en el cultivo pueden regular determinadas plagas sin introducir otras del exterior. El uso de fitosanitarios de forma indiscriminada y no selectiva hace desaparecer esta fauna, por lo que un uso racional de estos productos es un requisito indispensable para su presencia efectiva.

Rodríguez y Cols (1962) estudiaron estos animales, pero es muy poca la información de la eficiencia de los ácaros para reducir las poblaciones de

nematodos. Las especies conocidas *Macrocheles muscaedomesticae*, que se alimenta de quistes de *Heterodera* spp.

El acaro *Lasioseius scapulatus* es depredador de *Aphelenchus avenae* y de otros nematodos.

Insectos

Norman (1978) informa que algunas hormigas usan nematodos para alimentar a sus larvas, también menciona a larvas de díptera y otros insectos que se alimentan de nematodos. Dice que *Onychirus armatus* (*Collembola*) es un depredador voraz de especies de *Heterodera cruciferae*, *H. schachtii*, *H. trifolii*, y de los depredadores *Dorylaimus* y *Mononchus*.

Virus

El único reporte de nematodos atacados por virus es el de Loewenber y Cols (1958) que le encontraron a juveniles de *M. incognita* paralizados y sin irritabilidad, después se eliminaron las bacterias y hongos como posibles causantes, encontraron que el filtrado de una suspensión donde estaban los nematodos paralizados contenía un agente infeccioso y luego de varios estudios concluyeron que el agente infectante probablemente era un virus.

Mankau (1980) menciona solo ciertos casos sobre enfermedades de nematodos causados por virus; uno de ellos son los cambios morfológicos en la estructura normal de los cuerpos de *Meloidogyne incognita*, y *Teylenchorhynchus* ocasionados por partículas virales.

Rickettsias

Se sabe que los efectos patológicos de Rickettsias sobre nematodos son mínimas es importante conocerlos. Un ejemplo típico es el caso de microorganismos intercelulares identificados como Rickettsias en *Heterodera goettingiana*, así como en *Globodera rostochiensis* Wollenweber, que ocasiona daños menores Mankau (1980).

Los efectos patológicos de Rickettsias sobre nematodos son mínimos es importante conocerlos. *Heterodera goettingiana* y *Globodera rostochiensis* ocasiono daños menores.

Bacterias

Las bacterias endofíticas, forman parte de la gran cantidad de bacterias benéficas presentes en la rizosfera, que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas y las protegen contra otros organismos del suelo que causan enfermedades (Weller 1988, Hallmann *et al.* 1997). Ecológicamente, a esta relación benéfica entre las bacterias y las plantas se le denomina “mutualismo”, el cual se define como la condición en la que dos seres vivos de diversas especies viven juntos habitualmente, aunque no necesariamente, con beneficio recíproco para el hospedero y para el simbiote. La mayoría de estas asociaciones ocurre a nivel de la rizosfera; que es toda aquella porción de suelo que está fuertemente influenciada por las raíces de las plantas. La aplicación de este tipo de rizobacterias en diversos cultivos ha dado como resultado la promoción evidente del crecimiento de las plantas, observándose un incremento en la emergencia, vigor, producción de biomasa y desarrollo del sistema radical (Kloepper *et al.* 1999).

Katznelson y Cols (1964), informan que una myxobacteria desintegro a nematodos de los géneros *Rhabditis* y *Panagrellus*.

Johnston (1957), menciona que una especie de *Clostridium* produce una toxina letal para los nematodos. A la fecha, el agente bacteria más conocida es *Pasteuria penetrans*, anterior mente identificada como *Bacillus penetrans*.

Pasteuria sp.

Bacteria antagónica de *Meloidogyne* sp. en la actualidad el control de nemátodos fitoparásitos se realiza principalmente mediante fumigantes del suelo, nematicidas y solarización. El desarrollo de estrategias alternativas al control químico ha recibido poca atención debido a la disponibilidad de fumigantes eficaces de amplio espectro.

Hoy existe un marcado de interés en el control biológico de nemátodos como por ejemplo, la bacteria *Pasteuria* sp. (Thorne) Sayre y Starr, parásito obligado que ha sido encontrado sobre *Meloidogyne* sp. en campo abierto y en experimentos (Brown and Smart, 1985; Chen *et al.*, 1996; Freitas *et al.*, 2000; Oostendorp *et al.*, 1991; Stirling 1984; Weiblezahl-Fulton *et al.*, 1996).

El género *Bacillus* spp

Incluye una importante variedad de especies Gram-positivas, no patogénicas, con propiedades antagonistas. Son buenas secretoras de proteínas y metabolitos, fáciles de cultivar y altamente eficientes para el control de plagas y enfermedades (Berg y Hallmann 2006). Los mecanismos de acción de *Bacillus* spp. Incluyen competencia por espacio y nutrientes (Handelsmann y Stabb 1996), antibiosis (Loeffler *et al.* 1986) e inducción de resistencia (Kloepper y Ryu 2006). Además, tienen comprobado efecto en la promoción de crecimiento de las plantas (Kloepper *et al.* 2004). La capacidad de *Bacillus* spp. de formar esporas que sobreviven y permanecen metabólicamente activas bajo condiciones adversas (Rodgers 1989), las hace apropiadas para la formulación de productos viables y estables para el control biológico. *B. subtilis* es uno de los más eficientes agentes de BioControl, el cual exhibe actividad antagonista contra varios hongos y bacterias patogénicos.

Este antagonismo se ha atribuido a la producción de antibióticos y a la capacidad de colonización en la planta (Loeffler *et al.* 1986, McKeen *et al.* 1986, Bochow y Gantcheva 1995).

El género *Pseudomonas* spp.

Han sido estudiadas como importantes agentes de BioControl por su capacidad de inhibir el crecimiento de ciertos patógenos, como bacterias, hongos, nematodos y virus, mismos que podrían llegar a reducir considerablemente las cosechas en los cultivos establecidos tanto en invernadero como en campo. Estos organismos ejercen ciertos mecanismos de acción antagonista que involucran la producción de compuestos bacterianos, como sideróforos, ácido cianhídrico (HCN) y antibióticos (Loper 1988, Hamdan *et al.* 1991, Mazzola *et al.* 1992, Thomashow y Weller 1995, Haas y Défago 2005, Berg y Hallmann 2006).

Además, se ha comprobado que en algunos casos inducen un sistema de resistencia en las plantas que hace que puedan tolerar el ataque de diversos patógenos del suelo. (Weller y Cooke 1983, Kloepper y Ryu 2006).

Hongos Nematófagos

Los hongos nematófagos consisten en una gran variedad y diversidad de hongos capaces de infectar y alimentarse de nemátodos. Los hongos son habitantes naturales del suelo (Gray y *Col's* 1983), pueden ser aislados de heces de animales (Hashmi 1989) y su patrón de colonización es influido por las condiciones climáticas (Fernandez y *Col's* 1999). Los hongos nematófagos exhiben una serie de ventajas a ser aprovechadas. Tienen ciclo de vida corto con alta actividad reproductiva; algunos son específicos, como los hongos endoparásitos, producen esporos de resistencia (Campbell 1975) o quedan en una fase saprofítica en ausencia de sus hospedadores (Blackburn 1966). Además, no son patógenos para los animales (Deschiens 1939). Como desventaja, su acción es más lenta cuando son comparados con los antihelmínticos; no eliminan totalmente las poblaciones parasitarias sino que las reducen, aunque esto en realidad puede considerarse una ventaja, ya que la población parasitaria remanente actuaría como estímulo permanente de la respuesta inmunológica contra los parásitos, si se mantiene en bajo número.

Los hongos son denominados “nematófagos” por tener la capacidad de producir órganos especializados para aprehender, destruir y alimentarse de los nemátodos (Barron 1977). Pueden ser clasificados como “predadores” o “endoparásitos”. Los predadores son especies que producen un sistema hifal extenso en el ambiente. Las estructuras predadoras desarrolladas por estos hongos pueden ser muy simples, tales como las especies que forman hifas adhesivas aceptadas, hasta altamente especializadas, como son los anillos constrictores (Barron y *col's* 1977).

Hongos antagónicos

Mankau (1980), informa a los hongos antagónicos de nematodos son una gran variedad de organismos que incluyen los hongos depredadores, atrapadores

de nematodos, hongos endoparásitos y hongos que producen metabolitos tóxicos a nematodos.

Jatala y Cols (1979), informaron por primera vez la infección de huevos de *Meloidogyne* spp por *Paecilomyces lilacinus* en tubérculos de papa colectados cerca de Hunanco, Perú; la infección fue de 70% a 90%. Para determinar la enfermedad de *P. lilacinus* como agente de control biológico, comparándolo con medidas de control convencionalmente usada.

Jatala y Cols, realizaron un experimento bajo condiciones de campo en 1980, en Perú; los tratamientos fueron: hongo, Temik 10% G, Nematicur 5%, materia orgánica y el testigo.

De cuatro aislamientos de *P. lilacinus*. Dunn y Cols demostraron en 1982, que tres de ellos colonizaban huevos de *Meloidogyne incognita* bajo condiciones de laboratorio, y observaron que la penetración fue hifal o con formación de apresorios que las hifas polifiraron dentro de los huevos; emergieron vegetativamente o como conidióforos y conidios.

El hongo *Paecilomyces lilacinus* parasita los huevos y hembras de los nematodos con la participación de enzimas líticos causando deformaciones, destrucción de ovarios y reducción de la eclosión. Produce toxinas que afectan el sistema nervioso y causan deformación en el estilete de los nematodos que sobreviven, lo que permite reducir el daño y sus poblaciones. A valores de pH ligeramente ácidos, se producen toxinas que afectan el sistema nervioso de los nematodos.

Román y Rodríguez Mercano indicaron en 1985, que el tiempo de inoculación de *Paecilomyces lilacinus* detrás del nematodo agallador fue de cuatro a seis días al efectuar experimentos con tomate en Puerto Rico.

Freire y Bridge en 1985, informaron de la capacidad de *P. lilacinus* para infectar a *Meloidogyne incognita* bajo condiciones de laboratorio en Brasil.

Observaron una infección de huevos vivos de 52.5%; en larvas muertas de segundo estado la infección fue de 42% y no se observó infección en larvas vivas.

Jatala (1985), menciona que *P. lilacinus*, por mucho, el agente de control biológico más promisorio contra el nematodo agallador, ya que en todos los experimentos realizados a la fecha, los resultados son muy favorables debido, principalmente, a su adaptación a diferentes suelos y fuerte potencial parasítico

(Jatala 1982), informa cepas de *P. lilacinus*, han sido repetidamente aislados de larvas de insectos. La cepa primero en ser aislado de huevo bolsas de *Meloidogyne* sp *Goeldi*. Nematodos del otro (*Globodera rostochiensis* Wollenweber, *Heterodera glycines* Ichinohe UA) también son conocidas.

La población existente del nematodo *M. incognita* raza 1, del nematodo de la lesión *Pratylenchus* spp. y del nematodo del tallo y bulbo *Ditylenchus* spp., se determinó a la pre-siembra, floración y cosecha, también se efectuó una evaluación de calidad y rendimiento en peso de tubérculos en los distintos tratamientos. Los resultados indican que el Biostat a dosis de 200 g/ha y Mocap, a dosis de 6 litro/ha, presentaron los mejores resultados en los tres géneros estudiados, así como la mejor calidad, rendimiento y número de tubérculos.

Trichoderma spp.

Por su versatilidad, adaptabilidad y fácil manipulación, los hongos del género *Trichoderma* han sido estudiados y utilizados como fungicidas biológicos en la agricultura, además, son conocidos como estimuladores de crecimiento en las plantas. *Trichoderma* spp. es un hongo anaeróbico facultativo, perteneciente a los Deuteromycetes, caracterizados por no presentar un estado sexual determinado. Se encuentra distribuido a nivel mundial en un amplio rango de zonas de vida y hábitat, especialmente en aquellos donde se encuentra un alto contenido de materia orgánica o desechos vegetales en descomposición. Crece rápido, esporula abundantemente y presenta gran habilidad para colonizar rápidamente las raíces de las plantas. Además, ha desarrollado mecanismos para atacar y parasitar a otros organismos (Howell 2003, Harman et al. 2004, López 2004).

En el caso particular de control de fitonematodos, *Trichoderma* exhibe la capacidad de envolver al nematodo en micelio, y produce metabolitos que actúan como nematicidas, tales como Trichodermin, Suzukacilina, Alamecicina, Dermadina, entre otros. Además, frecuentemente, las raíces colonizadas por *Trichoderma* spp. Presentan mejor crecimiento y peso radical que las plantas no tratadas, incrementando la productividad del cultivo y su resistencia a factores bióticos y abióticos adversos (Rey et al. 2000, Howell 2003, Pocasangre et al. 2004).

Nematodos

Christie (1982) encontró que muchos géneros de nematodos son conocidos como depredadores de otros nematodos; generalmente se dividen en tres grupos de acuerdo con sus hábitos alimenticios.

MANEJO QUÍMICO

El uso de productos químicos, es el método más utilizado y posiblemente la única alternativa cuando otros métodos son costosos o muy difícil de aplicar o cuando las técnicas agronómicas no reducen o suprimen el problema lo bastante como para permitir al productor seguir cultivando la planta huésped más a menudo.

El uso de productos químicos es usual en los cultivos de elevado valor como las hortalizas y pueden ser esenciales para producir productos libres de nematodos en los cultivos exportados.

Agrios (1985) dice que en los árboles frutales el uso de productos químicos para el control de nematodos es uno de los mejores métodos. Asimismo menciona que los nematicidas Nemagón, Mocap, Furadan y Temik, tiene baja volatilidad y son eficaces para el control de nematodos y algunos insectos, además de que puede aplicarse antes de la plantación o en huertos establecidos.

La búsqueda de sustancias químicas eficaces para combatir los nematodos se había venido desarrollando por muchos años, aunque no proseguía con vigor sino hasta después de la introducción del Fumigante de

suelo D-D de la Shell Corporation, en el año de 1944. El éxito de este producto y del dibromuro de etileno, que hizo su aparición poco después, estimularon un mayor interés. En la actualidad, existe una competencia aguda en la investigación de nuevos y mejores nematicidas.

Aunque se ha presentado gran atención a la búsqueda de las relaciones que pudieran existir, por un lado, entre la estructura química y las propiedades físicas y, por otro, el efecto nematicida, no parece que se haya llegado a conclusiones importantes sobre este aspecto. Todos los nematicidas de uso general en la actividad para el combate de los parásitos de las plantas, han sido el resultado de descubrimiento accidentales o de prueba empírica.

Chitwood (1952) Muchos autores han planteado las propiedades que debían tener un compuesto químico para ser el fumigante ideal de las tierras. Sin embargo, se ha ido demostrado, en grado creciente, que no existe algo que pudiera denominar el nematicida ideal o, al menos el fumigante ideal para las tierras. Una sustancia química que presenta propiedades ideales para un propósito a una determinado, puede ser impropia o inadecuada para otro propósito a para su uso en condiciones.

Hidrocarburos Halogenados

Bromuro de metilo

Antecedentes

Su actividad como fumigante del suelo la dio a conocer primero Goupi. En *rev. Path. Veg.*, 19 pag. 169, 1932; también lo hizo el consejo Británico para la protección de los cultivos (CBPC). En 1968.

El Bromuro de Metilo es un plaguicida utilizado en la agricultura para la desinfección de suelos y para prevenir plagas en almacenamiento de granos, semillas y harinas, sin embargo, es una de las sustancias más dañinas para la Capa de Ozono, junto con otras sustancias como refrigerantes, aerosoles y extintores de incendios. En 1992 se reconoció oficialmente al bromuro de metilo como uno de los responsables del deterioro de la Capa de Ozono. El

adelgazamiento de la capa conlleva un aumento de las radiaciones ultravioletas de tipo B que llegan a la corteza terrestre. Este aumento es perjudicial para los seres vivos en general, provocando un incremento de casos de cáncer en la piel, y supresión del sistema inmunológico en los seres humanos. Asimismo, las cosechas sufren cambios importantes en el crecimiento y en la producción de frutos, disminuyendo vertiginosamente su rendimiento debido a que los rayos ultravioletas afectan también a las células vegetales.

El aumento de estas radiaciones aunado a los cambio en las corrientes de aire y agua del planeta, provoca el incremento de la temperatura media de la Tierra, por lo que el hielo que se encuentra en los polos comenzaría a pasar a estado líquido subiendo el nivel del mar y causando terribles consecuencias. Las plantas también se verían afectadas ya que el aumento de las radiaciones ultravioleta de tipo B supone una disminución de la fotosíntesis.

Precaución:

Cepeda (1984). Dice que no debe transportar ni almacenar cerca de productos alimenticios, ropa o forraje, ni respirar sus vapores durante su uso, ay que emplear mascarilla de gases y no debe aplicarse a temperaturas inferiores a 10 °C.

Trabajos realizados con este producto:

Milne (1974) erradico satisfactoriamente a *Tylenchulus semipenetrans* y al hongo *Phytophthora parasítica*, pero también al hongo micorrizico *Endogene mosseae*, que ayuda a la planta a tomar los nutrientes del suelo.

Basile y *Cols.* (1977), utilizaron 60, 90 y 120 g/m² aplicados bajo cubierta de polietileno en suelo franco arcilla- arenoso, infestado con *T. semipenetrans* y lograron erradicar al nematodo a una profundidad de 70 cm. Al probarlo con 30 g/m² únicamente se elimina el 72 %.

DBCP (Dibromocloropropano)

Antecedentes

En 1979, el DBCP aún se aplicaba en las plantaciones de Standard en Nicaragua y Filipinas. Ese mismo año, fue prohibido en Costa Rica y Standard transportó el stock que tenía en ese país hacia Honduras para ser utilizado allí. En 1981, Shell vendió el químico en África. En 1986, Standard aún lo empleaba en sus plantaciones de Filipinas. Y en julio de 2000, el Defensor del Pueblo de Panamá, el Dr. Italo Antinori, aseguró que se estaban utilizando agroquímicos como el Fumazone en Panamá.

El fumigante para tierra, Nemagón, es el nombre comercial del grado industrial del compuesto 1, 2- dibromo- 3- cloropropano, que es un líquido pesado y volátil, de color paja (punto de ebullición, 195.6°C o 384°F). Puede inyectarse en el suelo al igual que otros fumigantes, o bien, como un concentrado emulsificantes (que contiene 73.3% de ingrediente activo en peso) puede mezclarse con agua y aplicarse como remojo.

Con el nombre comercial de Fumazone se dispone de un fumigante de la tierra que tiene como principio activo de 47.6 por ciento en peso de 1, 2- dibromo- 3-dicloropropano.

Cultivo donde se utiliza

Controla principalmente a *Tylenchulus semipenetrans*, y se ha usado también en viñedos y otros árboles frutales, controla a diversos nematodos de vida libre y enquistados, menos *Heterodera rostochiensis*.

Dosis

Para tratamientos totales de plantíos de tomate, se recomienda que las dosis no excedan a 11.87 L/ha, o si se hace tratamiento en surco, a 4.75 L/ha. Cepeda (1984).

Aunque el DBCP es menor fitotóxico de los fumigantes, conviene aclarar que al igual que el EDB (dibromoetano) y el 1-3 dicloropropeno, ha resultado

cancerígeno y causante de mutagenicidad en humanos; en la agricultura está prohibido no obstante buen efecto nematicida Thomason (1985).

Murdoch y Cols (1977) controlaron a *Meloidogyne incognita* en pasto bermudas al emplear DBCP 75 en dosis de 43.9 kg de ingrediente activo/ha.

Orr y Brashears (1978) controlaron a *M. incognita acrita*, e incrementaron los rendimientos de algodón en dosis de 7L/ ha de DBCP con 84 % de ingrediente activo.

Atilano y Van Gundy (1979) investigaron el efecto del DBCP en el nematodo de los cítricos en el suelo, con aplicaciones foliares de Oxamyl, además de un tratamiento al suelo de DBCP con aspersion de Oxamyl; así mantuvieron bajas las poblaciones de *T. semipenetrans* en vid (*Vitis vinifera*) variedad Thompson Seedless.

En la India, según Brindra y Chabra (1977), en dosis de 37, 74 o 148 kg/ha, aplicada a arboles de naranja de 18 años de edad, se eliminaron las larvas de *T. semipenetrans* después de un mes, y las hembras adultas después de cinco meses. No hubo aumento de la población del nematodo durante los 16 meses siguientes. Por otro lado, la cosecha de frutos aumentó en un 200 %.

O'Bannon y Tarjan (1979), controlaron a *Radopholus similis* mediante dosis de DBCP 41 y 80.6 kg de ingrediente activo/ha, pero no aumentaron los rendimientos de naranja Valencia sobre limón rugoso.

Brindra y Chhabra (1979), en Ludhiana, India, que al aplicar 20 L/ha de DBCP. Controlaron el nematodo en *Citrus máxima* e incrementaron la cosecha de frutos en un 74.6%.

Stoyanov y Gandoy (1973), probaron en Cuba, el DBCP en dosis de 25 L/ha, incorporado en el agua de riego, reduce las poblaciones de nematodos arriba de 90% durante más de cuatro meses.

Borazanci y Cols (1974), lograron un control total de *T. semipenetrans* en plántulas de cítricos de dos años de edad, con cualquiera de las siguientes dosis:

1.875 (dos aplicaciones), 2.25 (dos aplicaciones) y 2.624 ml de DBCP/m² (una y dos aplicaciones sin causar toxicidad).

En Chile, Allen y *Cols* (1975), trataron a los arboles de cítricos de 15 años de edad con síntomas de ataque severo de *T. semipenetrans*, con 4.7 ml de DBCP/m² en el agua de riego. Las poblaciones disminuyeron los noveles de 8626 larvas/250 ml de suelo a un promedio de 42 larvas después de cuatro meses; por el contrario, en los lotes sin tratar, la población se incremento a 10610 larvas/250 ml de suelo.

Los experimentos realizados por Lee y *Cols* (1975), en el periodo de 1967-1970 con DBCP y dosis de 22, 23 y 44L/4.04 ha, redujeron notablemente las cantidades de *T. semipenetrans* en suelos de huertos de cítricos en Chile.

Kalipanos y *Cols* (1976), probaron el DBCP en dosis de 3.00, 5.25 y 7.50 L de ingrediente activo/100 m² en el control de nematodos en arboles de naranjo; las poblaciones disminuyeron 97.9 % en comparación con el testigo.

En Creta, Francia, Kalipanos (1974), trabajo con *Citrus sinensis* injertado en *C. aurantium*, este ligeramente infestado con el nematodo de los cítricos, y aplico DBCP con 45 y 90 L de ingrediente activo /ha, lo que redujo la población de 90 a 99 % y de 85 a 95% respectivamente, durante los primeros dos años.

Dicloropropeno

Telone

Antecedentes

Dicloropropeno es el nombre común para el 1, 3- dicloropropeno; conocido también como dicloropropileno y cloroalilcloruro. Sus propiedades como fumigante del suelo. Las describió primero Dow Chemical Co. En la revista *Down to the Earth* 12. Esta compañía además introdujo el producto en 1956 con el nombre de Telone.

Es un fumigante de suelo antes de la siembra para el control de las principales especies de nematodos, como nudo de la raíz, de la lesión, la raíz

corta, daga, el anillo, y los nematodos del quiste. Telone II se inyecta en el suelo como un líquido y de inmediato se convierte en un gas y da creación de una zona de protección alrededor de las raíces en desarrollo. Como fumigante, se mueve Telone en todo el perfil del suelo por su cuenta, en lugar de exigir el agua o la incorporación para el movimiento.

Baines y *Cols* (1977), al autorizar el Telone en plántulas de *Citrus macrophilla*, incrementaron el peso seco de las plántulas, relacionándose esto directamente con el control de *T. semipenetrans*.

DBE (Dibromoetano)

Antecedentes

El dibromuro de etilo es el nombre común para el 1, 2- dibromoetano, conocido también como DBE

Deifert, I, E y *cols*, fueron los primeros en informar de uso como fumigante en USDA Bull. 1313, en 1925, fue descubierto en 1945 como nematicida por Jessie Christie y puesto en el mercado en 1946 por Dow Chemical Co. Con el nombre comercial de bromofume.

Trabajos realizados

Johnson y Burtun (1977) controlaron efectivamente a *Criconemoides ornatis*, *Pratylenchus* spp, *Trichodorus christiei*, *Belonolaimus longicaudatus* y *Meloidogyne incognita* con DBE en dosis de 11.2 kg de ingrediente activo/ha, en híbridos de sorgo pasto Studan; los rendimientos aumentaron 73%.

Organofosforado

Las necesidades de un nematicida que no sea fitotóxico han conducido a las investigaciones de este grupo compuesto, con la esperanza de encontrar uno que erradique los nematodos a dosis que no sean dañinas para las plantas.

Se ha comprobado que el Parathion y Systox son nematicidas suficientemente apropiados para matar o inactivar algunas clases de nematodos en ciertas condiciones.

Dimock y Ford (1950) informan que se controla bien el nematodo foliar del crisantemo con aplicación de aspersiones de parathion. Raski y Allen (1948) redujeron mucho el numero de nematodos de la yema, *Aphelenchoides fragaria*. Por cada yema de fresa, con dos aspersiones de parathion, aunque fueron incapaces de erradicar la infección.

Sasser (1952), observo que, cuando se mezcla Systox con agua, a una concentración de 0.1%, y se aplica al suelo con un remojo, se obtiene un control manifestó de los nódulos radiculares sobre el tomate y el pepino, con escasa evidencia de fitotoxicidad. Sin embargo, los resultados indicaron que no se mataban los parásitos ni los huevos, que la sustancia química inhibía el empollamiento y que ocurría una acción paralizante sobre la larva ya empollada. Los huevos que se mantuvieron, durante una semana, en una solución de Systox al 0.2 %, empollaron libremente al pasarse al agua.

Se ha investigado, hasta cierto grado, la posibilidad de matar con Systox en el nematodo del tallo, *Ditylenchus dipsaci*. El trabajo se ha desarrollado, en gran parte experimental y en pequeñas escalas, criando plantas en macetas. Han dado resultados prometedores las aplicaciones como aspersiones al follaje y baños alrededor de las raíces.

Aunque Nemacide no es un nematicida tan potente como muchos compuestos halogenados, el V-C 13 es menos fitotóxico y mata muchos tipos de nematodos, en dosis que no son dañinas para las plantas que no toleran otros tipos o cuya tolerancia se desconoce. El V-C 13 controla los nódulos radiculares, aparentemente al matar a la larva en el momento de incubar, evitando que se re infesten.

Este compuesto es un insecticida de merito y, al aplicarse a dosis bastante menor es que las que se recomiendan para el control de los nematodos en los prados, es bastante efectivo contra la chinche campestre, *Blissus insularia* Barber. El V-C 13 tiene propiedades residuales bastante pronunciadas,

manteniendo su actividad nematicida e insecticida por un periodo considerable después de su aplicación. Cuando primero se introdujo, este nematicida se recomendaba solo para plantas ornamentales. Las investigaciones han demostrado que esta sustancia química no se absorbe por las plantas y que, cuando se aplica al suelo, no contribuye con un residuo de significación a las partes aéreas de las plantas. Se considera como el más seguro para utilizarse en cultivos de vegetales como maíz, pepino, pimiento, calabaza, fresas y tomate.

Nemacur

Es un nematicida sistémico cuyo ingrediente activo es el fenamifós. Existen dos formulaciones, una como granulado (G) al 10% y otra como concentrado emulsionable (CE) al 40%. Puede emplearse al momento de la siembra o trasplante (tratamiento total o en banda) como granulado, o bien, asperjarlo al suelo a la siembra, trasplante o en el riego por goteo como concentrado emulsionable.

Controla todo tipo de nemátodos, de vida libre o formadores de agallas, por contacto y vía sistémica, además de controlar chicharritas. Nemacur cuenta con tolerancias EPA en los cultivos donde se encuentra registrado.

Antecedentes

Eto (1974) afirma que es un nematicida producido por Bayer AG⁹⁵⁷

Dosis usadas

Miller y Rich (1974) al estudiar el grado de infestación de *Pratylenchus penetrans* con tratamientos de Phenamiphos, Oxamyl y Carbofuran, a distintas dosis, observando que Phenamiphos fue más efectivo, seguido por Oxamyl.

O'Bannon y Tarjan (1975) obtuvieron buenos resultados al aplicar Phenamiphos durante cuatro años en patrones de limón rugoso con naranjo Valencia infestado con *Radopholus similis*.

Bolander y Santo (1977) eliminaron a *Meloidogyne hapla* de trozos de semilla de papa al sumergirlo 10 segundos en una solución de Phenamiphos en dosis de 4.75g de ingrediente activo por litro de agua.

Johnson y Burton (1977) encontraron que Phenamiphos redujo las poblaciones de *Criconemoides ornatus*, *Pratylenchus* spp, *Trichodorus christiei*, *Belonolaimus longicaudatus* y *Meloidogyne incognita*, y aumento el rendimiento de híbridos de sorgo, pasto sudado hasta 44%, con dosis de 6.7 kg de ingrediente activo/ha.

Santo y Bolander (1979) hicieron una y dos aplicaciones foliares de Phenamiphos a dosis de 3.2 g de ingrediente activo por litro de agua, mantuvieron las raíces de *Ribes* libre de *M. hapla* durante seis y 18 semanas, respectivamente.

Milne y Villier (1979) disminuyeron la infestación con Phenamiphos (40 kg/ha) durante el primer año y se observo un aumento de producción de naranja; después de este tiempo aumento la población de nematodos.

En otro experimento realizaron por Miller y Villiers (1979) en dos huertos de naranjo en Venecia, España, el producto a dosis de 10 ml/m² aplicado en cajas irrigadas por inundación, también redujeron las poblaciones de *T. semipenetrans* y se lograron incrementar en los rendimientos de 6.1 a 7.5 t/ha.

En Colombia, Olmedo y Co/s (1980) observaron que el mejor control se obtuvo de Phenamiphos, Fensulfothion o carbofurancor, a dosis de 5 g por árbol, aplicados cada cuatro meses; cada seis meses solo Phenamiphos (5g por árbol) fue efectivo. Las aplicaciones de 2.5 g/árbol de los tres productos cada cuatro o seis meses fue satisfactorio. Los nematodos persistieron en el suelo por mas de cuatro a cinco meses, según fueron las dosis.

Davis y Wilhite (1985) observaron que Phenamiphos aplicado en el riego por inundación fue más efectivo en la reducción del parasito que Phenamiphos y Oxamyl aplicado en el riego por goteo no se mejora.

Johnson y *Col's* (1986) aplicaron Phenamiphos (6.7 kg de ingrediente activo /ha) mediante un simulador de irrigación, en calabaza al momento de la plantación, fue más efectivo que cuando se aplico dos semanas después de la plantación para reducir el número de agallas de *Meloidogine incognita* y sucedió lo mismo en maíz.

Mocap

Este producto lo elaboro Mobil Chemical Co. Y en la actualidad lo vende (Rhone-Poulenc, S. F).

Como la mayoría de los compuestos provenientes de la familia de los organofosforados el Ethoprop es un producto relativamente toxico, sin embargo, se puede notar que su toxicidad oral aguda es menor que la de otros productos que se usan en tratamientos con nematicidas o insecticidas de suelo.

Modo de acción

Debido a su amplia actividad, Mocap actúa esencialmente por contacto. Por esta razón, la mejor eficiencia se obtiene si se aplica el producto de manera homogénea que a la parte superficial del suelo, donde la acción de los depredadores en la raíces es mas nefasta, incorporándose al suelo inmediatamente después de esparcirlos. Esta incorporación puede realizarse por medio mecánico (rastrillaje, discos giratorios, etc.) o con agua (lluvia o riego). Para evitar el riesgo de fitotoxicidad en ciertos cultivos, se debe respetar dosis y modo de aplicación. El empleo de Mocap en las dosis y condiciones antes descritas, no modifica las propiedades organolépticas de los cultivos tratados, como tabaco, café, papa y legumbres. (Anónimo 1985).

Nematodos de la piña:

Meloidogyne sp, Rotylenchus sp, Helicotylenchus sp, Trichodorus sp.

Se realizan tres tipos de tratamientos:

- a) En plena superficie, a una dosis de 20kg de material activo/ha incorporado a 15 cm antes de la plantada.

- b) En surcos de plantación se usan 10 kg de material activo/ha son suficientes.
- c) En el agua de riego poner la formulación líquida de 720 g/lit a una dosis de 6 kg de material activo/ha.

Nematodos del cacahuates

Meloidogyne sp, *Pratylenchus* sp, *Helicotylenchus* sp, *Belonolaimus* sp, *Criconemoides* sp, *Tylenchorhynchus* sp, *Trychodorus* sp, *Xiphinema* sp. El Mocap, en formulaciones granulada o líquida se aplica en dosis de 3 a 4 kg de materia activa/ha, con frecuencia se necesita las dosis más fuertes en la siembra y la más baja al momento de aporcar el cacahuete.

Aplicación de Mocap 15G Aplicar 26 a 33 kg/ha en una banda de 30 a 40 cm de ancho sobre la línea de trasplante (distancia entre surcos 92 cm). Haga la aplicación entre una semana antes, hasta el día del trasplante. Inmediatamente después de la aplicación, incorpore el producto en el suelo a 10 cm de profundidad.

Nematodos de plátano:

Radopholus sp, *Pratylenchus* sp, *Helicotylenchus* sp, *Hoplolaimus* sp, *Rotylenchus* sp, *Tylenchorhynchus* sp, *Xiphinema* sp y *Meloidogyne* sp. De preferencia, se retira la cama de paja de las hojas que cubren el suelo alrededor de las plantas de plátano, antes de aplicar el producto granulada en un radio de 80 cm. La dosis recomendada depende mucho de las condiciones del cultivo del suelo y de grado de infestación: las dosis varía de 3 a 4.5 g de material activo/ha plata, aplicada de dos o tres veces al año. Se recomienda tratar antes del riego o al inicio de la estación lluviosa.

Nematodos de los cereales (trigo, cebada, centeno, avena)

Para el control de *Heterodera avenae* se obtienen buenos resultados con dosis de 6 a 9 kg de materia activo/ha, incorporados en pre-siembra.

Nematodos del maíz y sorgo

Meloidogyne sp, *Trichodorus* sp, *Belonolaimus* sp, *Criconemoides* sp, *Tylenchorhynchus* sp y *Helicotylenchus* sp. el tratamiento más indicado es en pre-siembra, en plena superficie con 6.18 kg de material activo/ha aplicada a 15 cm de profundidad.

Nematodos de la papa

Heterodera rostochiensis y *Pratylenchus penetrans*. Se controlan mediante un tratamiento de 10 kg de material activo/ha, aplicado antes de la plantación, incorporado de 15 a 20 cm. Un tratamiento con 3 a 5 kg de material activo/ha aplicado en el suelo de la plantación o incorporado en bandas de 35 cm de ancho, proporcionara buenos resultados en *Pratylenchus penetrans*, que se elimina con el tratamiento nematicida. Cuando no existe nematodos, se puede disminuir la dosis a 4 o 5 kg de materia activa/ha en plena superficie.

El Mocap 15 G Aplicar 23 a 30 kg/ha al momento de la siembra (distancia entre surcos 92 cm). La aplicación se hace de la siguiente manera: Se colocan los tubérculos en el fondo del surco y se cubren con una capa de suelo.

Enseguida se distribuye el producto sobre la línea de siembra y se cubre con una capa de tierra. Otra opción es en sentido inverso al tratamiento anterior, es decir, primero se deposita el producto y a continuación los tubérculos, separados de aquél por una capa de tierra para evitar daños de fitotoxicidad. No aplicar dentro de los 30 días anteriores a la cosecha.

Trabajos realizados con el producto Mocap

Kaliopanos (1979), en un experimento realizado en *Citrus sinensis* sobre *C. aurantium*, ligeramente o muy infestado con *Tylenchulus semipenetrans*, encontró que Mocap 10 G (30 y 60 kg de ingrediente activo/ha) redujo al nematodo de 95 a 90% y de 80 a 90% durante el primero y segundo año del tratamiento.

Hemlen y Conover (1977) erradicaron la población de *Radopholus similis* en *Calathea insignis* y *C. makoyana* al utilizar Ethoprop 6 CE (0.4 y 0.9 g de ingrediente activo por litro).

Santos y Bolander (1979) no lograron controlar *Meloidogyne hapla* en *Ribes rubrum* con aplicaciones foliares de Ethoprop en dosis de 3.2 de ingrediente activo por litro de agua.

Zirakparner (1979) al probar varios nematodos encontró que el Ethoprop junto con el Aldicarb en dosis de 2.24 kg de ingrediente activo/ha dieron los mejores resultados en el control de *Pratylenchus hexincisus* en raíces de maíz.

Fensulfothion

Lo sintetizaron G. Schrader y E. Schegk y en 1957 lo lanzaron al mercado farbenfabriken Bayer AG, con el código Bayer 25141, S 767 y el nombre comercial "Terracur P" (CBPC, 1968 y Eto en 1974).

Las formulaciones para el uso en el suelo y follaje se pueden encontrar en el mercado como Terracur 10 G (Cepeda 1984), afirma que también se puede encontrar en el mercado como Dasanit 10G, Dasanit 64.2%, Dasanit 5G, Dasanit 15G.

Como Terracur 10G es efectivo contra toda la gama de nematodos fitoparásitos entre los cuales está el nematodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis*, los nematodos del plátano *Radopholus similis*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Meloidogyne incognita* que afecta al tabaco, tomate y otras hortalizas, el nematodo del cafeto *Pratylenchus coffae* y el de la cebolla *Ditylenchus dipsaci* (Bayer 1982).

En Ludhiana, India, Chhabra y Cols (1979) al usar 30 kg/ha de fensulfothion redujeron las infestaciones de *Tylenchulus semipenetrans* en *Citrus máxima*, y aumentaron la cosecha 67% (calculado durante dos años), en cambio Prophos a una dosis de 40 kg/ha y 20kg/ha no fue efectivo Walia y Seshadri (1986) probaron cuatro nematicidas al cubrir semilla de *vigna radiata* para controlar a *Pratylenchus zea* y observaron que la germinación tardo en la semilla cubierta Aldicarb 2% fensulfothion 1% y carbofuran 1% de ingrediente activo.

Dichlofenthion

El CBPC (1968) informo que este producto se registró como nematicida por primera vez por M. A Manzelli plant dis rept 39 pag 400 1955 fue introducido por Virginia Carolina Chemical Corp en 1956 con el código de V-C13 nemacide.

Isotiocianato

La mezcla de los productos isotiocianato de metilo + dicloropropeno; la mezcla da estos dos sustancias da como resultado una eficiencia muy notable frente a un buen numero de parásitos de las plantas, para aplicarse el terreno debe prepararse con labores a una buena profundidad, bien desmenuzado y eliminada las raíces; la humedad del mismo debe ser alta y la temperatura del terreno en el momento de la aplicación debe de ser de un mínimo de 5°C aunque la óptica oscila entre los 15 y 20°C. las dosis del producto oscila entre los 300 y 700 lts/ha, aunque muchos frecuentemente se utilizan 400 a 450 lts/ha después de una semana de la aplicación se procederá a la labor de aireada o remoción del terreno, de una a cuatro semanas mas tarde se podrá sembrar o plantar.

Vapam

En nematicida Vapam 4-Ses una solución acuosa que contiene por litro, poco menos de medio kg de n-metil ditio-carbamato sódico deshidratado; esta solución es fácilmente miscible en agua y puede aplicarse como baño en agua de riego o por inyección al suelo (Christie 1982).

El Vapam es un nematicida excelente para el control de nematodos de formas libre. La aplicación de este producto es relativamente fácil; solo exige que la temperatura del terreno a 10 cm de profundidad sea a una mínima de 10°C y que el terreno este húmedo.

Este producto se puede aplicar mezclándolo con agua de riego y aplicándolo poco diluido sobre el terreno, abundantemente. Las dosis de aplicación oscila entre los 800 y los 1200 kg/ha.

Esterilización con Vapam

Esta técnica consiste en la introducción de vapor de agua dentro del suelo bajo cubiertas plásticas para aumentar la temperatura de la tierra a niveles letales a las plagas del mismo. La temperatura del suelo y la duración del tratamiento térmico determina si la eliminación de la flora del suelo es total (esterilización: pocos minutos a 90-100°C) o si ocurre solamente parcialmente (pasteurización: mezcla de vapor y aire a 70-80°C).

Precaución

Cepeda (1996), menciona que la temperatura óptima de aplicación es de 10°C a 10 cm de profundidad. Indica que se puede aplicar mezclado con agua y con riego en abundancia, porque es irritante para los ojos y membranas mucosas.

Carbamatos

Dentro de los carbamatos se incluyen un grupo de pesticidas artificiales desarrollados principalmente para controlar las poblaciones de insectos plaga. En la época de la segunda guerra mundial ocurrió un desarrollo industrial químico impulsado por esta contienda bélica. En ese marco aparecieron los carbamatos junto con los organofosforados, primero como desarrollo militar (gases neurotóxicos) y luego de la guerra con un amplio uso agrícola. En la década del '50 surgieron una serie de insecticidas que se consolidaron como alternativa de los organofosforados y junto con ellos su uso se incrementó enormemente con la prohibición del uso de los organoclorados.

Los carbamatos son sustancias orgánicas de síntesis conformadas por un átomo de nitrógeno unido a un grupo lábil, el ácido carbámico. Este tiene un efecto neurotóxico que, en la dosis correspondiente, conlleva a la muerte. Sus características principales son su alta toxicidad, su baja estabilidad química y su nula acumulación en los tejidos.

Existen muchos casos de resistencia de insectos a carbamatos producto principalmente de un uso excesivo de estos insecticidas. Por otra parte, la resistencia generada por los organofosforados, otro grupo de insecticidas, conlleva resistencia a los carbamatos, y viceversa. Por lo tanto, hay que ser muy cuidadoso en el empleo de los insecticidas y no sobrecargar el cultivo con un solo tipo de insecticida.

Aldicarb

Aldicarb (integrante de la llamada “docena sucia”), baygon, carbaryl, carbofuran, etc. son algunos de los carbamatos que han salido al mercado. Actualmente muchos carbamatos han sido prohibidos en Argentina y en el mundo y continuamente aumenta esta lista.

El Aldicarb se trata de un producto polivalente que actúa en forma sistemática o endoterapéutica, absorbido por las raíces y trasladado por la savia. Es eficaz contra los nematodos ectoparásitos y endoparásitos; antes de su aplicación se debe regar y después debe regarse nuevamente por el sistema de inundación, el producto se aplica manualmente o por medio de una máquina espolvoreadora. Las dosis de aplicación de preparado al 5%, son de 80 kg/ha para el control de nematodos.

Desde la introducción de Aldicarb en los años 1970 (Opperman, 1992), el uso de nematicidas no fumigantes, carbamatos (carbofuran y oxamyl) y organofosforados (ethoprop, fenamiphos, terbufos, cadusafos) ha sido y a la fecha sigue siendo el medio más accesible y eficiente para el control de nematodos en banano. En esa década, se realizaron evaluaciones de esos nematicidas no volátiles en banano (Vilardebo, 1971; Figueroa, 1975; Villacís *et al.*, 1975) lo que conlleva a más de 30 años de uso.

La eficacia en la aplicación de nematicidas está influenciada por factores bióticos y abióticos (Smelt y Leistra, 1992; Badra y Caveness, 1982; McKenry, 1981; Bromilow *et al.* 1980; Van Gundy y McKenry, 1977). Algunos de dichos factores son controlados por los productores. El nematicida a usar, dosis, forma de aplicación en la superficie del suelo, tiempo de aplicación son factores fácilmente controlables por el productor o usuario, mientras la temperatura, pH y

el contenido de humedad del suelo, la adsorción del producto al suelo, su textura y la micro-flora del suelo son poco controlables.

Aún cuando Jaramillo (1987), Anderson (1989) y Vilchez (1991) alertaron sobre el potencial de promover una biodegradación inducida de los nematicidas en banano, años más tarde se encontró evidencia de la pérdida de efectividad de la aplicación de nematicidas en dicho cultivo (Anderson *et al.*, 1998; Pattison, 2000; Pattison *et al.* 2000; Araya, 2000; Araya y Lakhi, 2004; Moens *et al.* 2004). Esta pérdida de eficacia de los productos se ha asociado con su degradación acelerada por microorganismos, llamado o conocido el fenómeno como biodegradable.

Durante 10 años, cuando menos, se ha sabido que algunas sustancias de este grupo son efectivas para matar los nematodos, aunque solo en tiempos recientes se les ha presentado atenciones en los Estados Unidos. Entre ellas se encuentran las que pueden demostrarse que son los insecticidas solubles en agua más eficaces.

Control de nematodos

El Temik

Controla los nematodos ectoparásitos y endoparásitos, en cultivos tanto anuales como perenes y como consecuencia de este control se obtienen aumentos significativos de producción. El control se produce por contacto cuando el nematodo se encuentra en forma libre en el suelo, se controla por acción sistémica

Hemelen y Conover (1977) encontraron que el Aldicarb 10 en dosis de 11.2 kg de ingrediente activo/ha, suprimió considerablemente a *Radopholus similis*, en *Calathea insignis* y *C. Macoyana*

Jones (1979) aplico Aldicarb a dosis de 2.5 y 5.0g de ingrediente activo, cuatro veces y controlo bien a *Helicotylenchus* spp. con *M. incognita* solo la dosis mayor fue efectiva.

Elgindigi y Co/s (1976) señalaron que las aplicaciones de Aldicarb, Fensulfotion y Oxamyl en dosis de 0.1, 0.2, 0.4 y de la formula 10 G en cada caso en plántulas de limón, redujeron las poblaciones de *T. semipenetrans* en todos los tratamientos y se logro casi el 99% de control con las dosis altas (0.4 g/planta) de Aldicarb y Oxamyl.

French y Timmer (1979) informaron que las aplicaciones al suelo de Aldicarb 15G a 37 y 67Kg/ha durante tres meses disminuyeron las poblaciones del parasito en los naranjos Marrs durante tres temporadas.

Frederick y Tarjan (1977) aplicaron Aldicarb en dosis de 12 Kg de ingrediente activo/ha en plantas hibridas *Citrus jambhiri* infectada con el nematodo de los cítricos redujo el número de nematodos/g de raíz de un 83 a 88% en suelos arenosos de Astatula y Park Wood, Florida. Además Phenamiphos, en la misma dosis, redujo la población un 83% y un 40%, respectivamente.

Carbofuran

Presentación y formulación

Pintor (2009) menciona que las presentaciones del Carbofuran en el mercado son las siguientes:

- Cufuran 350L (suspensión acuosa)
- Furadan 350 L(suspensión acuosa)
- Furadan 10G (Granulado)
- Furadan 5G (Granulado)
- Anafur 3% (Granulado)
- Interfuran 350 TS (suspensión acuosa)
- Lucarfuran 350 (suspensión acuosa)
- Raider 5G (Granulado)
- Velduran 350L (suspensión acuosa)

Cultivo donde se utiliza

En plátano se aplica a la superficie del suelo sobre la zona radicular de la planta en un círculo completo de 15 cm alrededor de cada planta, evita reducciones en los rendimientos ocasionados por el nematodo barrenador *Rhadopholus similis*, y el nematodo lesionante *Pratylenchus sp.*

Dosis usadas en experimentos

Bergeson (1979) observó que furadan 10G en dosis de 2.25 y 4.5 kg de ingrediente activo/ha, redujo considerablemente a *Pratylenchus spp.* En maíz hasta 84.5 y 98.3% respectivamente e incremento los rendimientos en tres y cuatro años.

Hammlen (1978) aplicó carbofuran 10% en dosis de 11.2 kg de ingrediente activo/ha en plantaciones de *Rumohora adiantiformis* y controla a *Pratylenchus penetrans*.

Balderas (1981) al aplicar carbofuran en mandarina, logró disminuir la población del nematodo de los cítricos *T. semipenetrans* 46.62% en cada tres gramos de raíz en los árboles aplicados.

Carbofuran y Phenamiphos en invernaderos y huertos de cítricos en Irak, controlaron eficazmente el nematodo de los cítricos *T. semipenetrans*. Las poblaciones fueron las más bajas un mes después del tratamiento. El Carbofuran (Furadan 5G) a 375 g/árbol, dio el mejor control en el huerto (Mohammad y Cols 1980).

Oxamyl

Presentación y formulación

Vydate L es un líquido miscible en agua que contiene 24% de oxamyl como ingrediente activo y 76% de disolventes y emulsificantes.

Vydate 10G granulado contiene 10% de oxamyl como ingrediente activo y 90% de ingredientes inertes.

Vydate azul es una solución concentrada acuosa y contiene oxamil al 24% de ingrediente activo y 76% de ingredientes inertes.

Nematodos que controla el Vydate

El Oxamy mata a los nematodos por acción sistémica o de contacto. Los nematodos del suelo mueren rápidamente por contacto directo con una dosis de 5 ppm de Oxamyl. Las bajas concentraciones matan a los nematodos que quedan en el suelo expuestas por largo tiempo al matar. Dicha concentración de Oxamyl que penetra por las raíces a través del suelo, o también debido a las aplicaciones foliares, proporcionando a las plantas protecciones contra los nematodos.

Este agroquímico en el suelo inactiva a los nematodos y parásitos, e inhibiendo su capacidad de alimentarse durante su exposición al producto. Cuando el Vydate se aplica sobre el follaje, controla ciertos nematodos que se alimentan de él.

Trabajos realizados

Elgindigi y Cols (1976), encontraron que el Aldicarb y el Oxamyl en particular, en dosis de 0.4 g/semilla de limón rugoso, erradicaron las poblaciones del nematodo de los cítricos.

Hemlen y Conover (1977), observaron que Oxamyl 21, con 0.3 y 0.6 g de ingrediente activo/lts controló muy bien a *Rhadopholus similis* en plantas de *Calathea insignis* y de *C. makyana*.

Strider (1979), menciona que el Oxalyl C.E fue un buen erradicador y protegió a la violeta africana contra *Aphelenchoides ritzemabosi*.

En toronja Redblush injertada en naranjo agrio Timmer (1974), aplicó 2.8 y 11.2 kg/ha al suelo y redujo el número de *T. semipenetrans*, las dosis se repitieron después de un año y los niveles de población de las larvas en el suelo se

mantuvieron en el alrededor en 50% en comparación con los niveles de las no tratadas, no todas las aplicaciones fueron igual de efectivas.

Bridge y Page (1977), información de Oxamyl en dosis de 9.4 kg/árbol y carbofuran a 4.7g/árbol no controlaron eficazmente al nematodo de cítricos *T. semipenetrans* en Malawi, África.

Cuando Hamid y Cols (1982), aplicaron oxamyl en dosis de 1.1kg/ha durante tres semanas se recuperó la raíz de cítricos dañados por *T. semipenetrans*. Con densidad de población superior al umbral económico de *Citrus sinensis* de 20 años de edad injertado en *Poncirus trifoliata* y *Citrus sinensis* se redujo notablemente la población de nematodos hembra.

Timmeri y French (1979), al asperjar Oxamyl en naranjo y toronja redujeron las poblaciones de *T. semipenetrans* e incrementaron la tasa de crecimiento de los frutos en el primer año pero no en el segundo. Con Aldicarb incorporado o inyectado al suelo a 5.7 o 11.4 kg/ha y se tubo un buen control, se aumento el rendimiento y el tamaño de fruto, y la calidad externa mejoro la dosis mas alta que fue ligeramente efectiva.

Kimpinski (1986) informa que Aldicarb en dosis de 1.12 y 2.24 kg/ha y Oxamyl en dosis de 2.24 kg/ha aplica en el surco en el momento de la plantación, redujeron considerablemente las poblaciones de *Pratylenchus penetrans* en la rizosfera y en la raíz de papa.

MANEJO GENÉTICO

En las observaciones de variedades resistentes se llevan a cabo por la hibridación de plantas susceptibles con plantas resistentes, mediante cruzamiento de individuos, uno es una variedad comercial que es necesaria introducir la resistencia del otro individuo. La primera generación que es donde obtienen híbridos, los cuales se van a cruzar con el progenitor recurrente para solo fijar las características deseadas, que en este caso es resistente (Cepeda 1996).

El control genético es la forma más eficaz y económica para combatir un nematodo o una enfermedad. La utilización de porta injertos de *Prunus* resistente a *Meloidogyne* en nuestro país es una limitante, aunque en la última década se han introducido en nuestro mercado nuevos portainjertos que poseen mejores características agronómicas que los que actualmente se comercializan y que además poseen diferentes niveles de resistencia a nematodos agalladores (moderadamente resistentes hasta inmunidad) entre ellos destacan los melocotones Nemaguard, Nemared, Barrier y Cademan, los híbridos de melocotonero x almendro Hansen 2168 y Hansen 536 y los ciruelos Myrobalan 29C, Adesoto 101, San Julian 655-2, Citation, Montizo, Marianna 2624, GF 8-1 y Torinel.

Gernem y Montenegro recientemente obtuvieron en nuestro país, variedades que se caracterizan por ser altamente resistente a las principales especies de *Meloidogyne* y se adaptan bien a las condiciones de producción mediterráneas.

Sin embargo los portainjertos resistentes a *Meloidogyne* pueden ser susceptible a otras especies de nematodos como por ejemplo a los nematodos lesionantes *Pratylenchus vulnus* y *P. penetrans*.

Actualmente no se tienen en el mercado variedades resistentes de melón al nematodo de los nódulos radiculares (Brusr *et al* 2003).

Las variedades de papa resistentes al nematodo de quiste de la papa, son una buena alternativa para controlar esta plaga, dado que impiden que el nematodo se reproduzca en las raíces de la papa. El uso de variedades resistentes no significa costos adicionales para el agricultor y evitan o reducen el contacto con nematicidas que influyen negativamente sobre el ambiente, el usuario o el consumidor del producto cosechado (Huijsman, C. A. 1960).

Los esfuerzos para eliminar o minimizar el daño causado por nematodos en la agricultura, ha involucrado típicamente el uso de la fumigación del suelo con materiales como Cloropicrina, Bromuro de metilo y Dazomet, que se volatiliza para diseminar su ingrediente activo a través del suelo. Tales materiales fumigantes pueden ser altamente tóxicos y pueden provocar daños al medio

ambiente. Varios nematocidas no fumigantes también han sido utilizados, pero suelen crear problemas serios al medio ambiente y pueden ser altamente tóxicos al humano (Kim *et al* 1997).

Aunque es muy poco lo realizado, los científicos bolivianos han identificado a un cultivo nativo de *Solanum tuberosum* sub sp. Andígena que muestra buena resistencia para algunas poblaciones de *Nacobbus aberrans*. De la misma manera los científicos del centro de investigación de la papa (CIP) han encontrado una buena resistencia en *Solanum sparsipilum*. El trabajo que se realiza en el CIP es el de transferir mediante cruces entre genes de resistencia a cultivos agronómicos.

González *et al* (1991), en sus experimentos determinaron las capacidades de multiplicación de *N. aberrans* en placas petri como una alternativa para evaluar resistencia bajo condiciones de laboratorio. Hembras vermiformes produjeron nódulos a los 10 días de la inoculación en comparación a las raíces inoculadas con huevecillos de J₂ que requieren más tiempo. No hubo relación entre la capacidad de inoculado y la formación de nódulos. Sin embargo, para fines de evaluación de materiales producidos en un programa de mejoramiento, se puede acortar el tiempo de selección evaluado el desarrollo de adultos cuando se inocula J₂ o la formación de nódulos en el caso de raíces inoculadas con hembras vermiformes, ya que existen correlaciones entre ambos inoculados para el caso de los cultivos susceptibles estudiados.

Una de las medidas más efectivas que se tiene en la disminución de *G. rostochiensis* es el uso de genes mayores para la resistencia. Obtenerla es relativamente fácil. Conduce a niveles de resistencia y es efectivo mientras no aparezca una u otra raza fisiológica del patógeno, como el caso de la resistencia de la papa a este nematodo dorado, la cual está gobernada por un par de genes o genes mayores Rodríguez (1973).

La resistencia está dada por el gen H₁ obtenida de *Solanum tuberosum* spp. *Antigenum*, el CPC (1973), Este gen fue introducido hace mas de 20 años, el cual se ha venido utilizando para poblaciones virtuales del nematodo dorado Bakker, *et al* (1993), el mismo autor menciona que los países bajos donde se

produce aéreas abundantes de papa se ha establecido propiedades de virulencia de las de cien poblaciones, pero todas las poblaciones de *G. rostochiensis* son avirulentas para cultivos que contienen el gen de resistencia H₁.

Mayer (1981), menciona que existen dos tipos de resistencia al nematodo dorado:

1. Las raíces no exudan las sustancias que estimula la emergencia del segundo estado larval.
2. Los sincitios no se forman o no funcionan como fuente de alimento para las hembras del nematodo. De este modo los juveniles (J₂) alcanzan a emerger por el estímulo ejercido por los exudados de la planta, pero no llegan a completar su ciclo de vida, por lo que la población del nematodo se reduce considerable al interrumpirse su ciclo de vida.

De la Flor y Jatala, (1986), observaron que la explicación de esta modalidad (genes resistentes) se ve afectada por varias razas del nematodo del quiste de la papa.

Se dice que ninguna de las especies pertenecientes al género *Citrus* es inmune al nematodo de los cítricos (Coob 1972). Se sabe de infestaciones moderadas en árboles de naranjo sobre patrones de naranjo (*O. aurantium*) y el cidro cubano (*C. grandis*), así como en patrones de mandarina Celopatra; en naranjo sobre patrones de limón rugoso *C. limón* (Taylor, 1944).

Villardedo y Luc 1962. Citado por Cohn en 1972, dan a conocer una lista completa de hospederos y mencionan 29 especies de cítricos, 21 cítricos híbridos y otras especies de *Rutaceas*, asimismo, informan que al trabajar en condiciones de invernadero, encontró que el *Citrangue trover* se mostro altamente resistente al nematodo, mientras el limón rugoso presento el ataque más intenso. Las variedades que el considera como susceptible al ataque de *T. semipenetrans* son naranjo agrio, citremon y citrange carrizo, en escala descendente.

Baines *et al* (1956) mencionan como hospedero de *Hemicycliophora arenaria* al limón rugoso, lima dulce, lima West indian, mandarina Cleopatra,

Severinia buxifolia, y no como hospedero al naranjo dulce, naranjo agrio toronja Marsh, *Citrange troyer* y naranjo trifoliado.

Van Gundy y Dackman en 1961, citado por Román en 1978, después de investigar las especies de *Citrus* hospederos y no hospederos de *Heterodera arenaria*, llegaron a la conclusión de que los cítricos no son buenos hospederos del citado nematodo.

A comienzos del 2008, el fisiólogo de plantas Ben Matthews y sus colegas del ARS completaron los ensayos en invernadero con plantas de soya genéticamente modificadas, con lo que se contuvieron copias de uno de los genes utilizados por el nematodo para producir cierta proteína.

MANEJO LEGAL

El control legal consiste en las disposiciones obligatorias que da el gobierno con el objeto de impedir el ingreso al país de plagas o enfermedades, impedir o retardar su propagación o dispersión dentro del país, dificultar su proliferación, determinar su erradicación y limitar su desarrollo mediante la reglamentación de cultivos. También se incluyen aquellas disposiciones que regulan la comercialización y el uso de los pesticidas. En general son medidas que deben ser observadas por todas las personas de un país, región o valle. El control legal incluye las medidas de cuarentena, inspección, erradicación, reglamentación de cultivos y reglamentación del uso y comercio de los pesticidas.

Cuarentena

La cuarentena tiene por objeto evitar la introducción de plagas y enfermedades peligrosas que no existen en el país o están muy poco difundidas; o evitar la propagación o dispersión dentro del país de aquéllas que ya han sido introducidas pero que tienen una distribución restringida. Para tal fin las disposiciones cuarentenarias condicionan, regulan, restringen o prohíben la introducción, transporte o existencia de plantas o productos vegetales. La cuarentena puede ser externa o interna según que el área de protección sea todo el país o una región dentro del país. El establecimiento de medidas

cuarentenarias debe hacerse a base de consideraciones biológicas, geográficas, climáticas y económicas.

Enfermedades Causadas por Nematodos de Importancia Cuarentenaria

***Ditylenchus destructor* (Thorne)**

Nematodo de la pudrición seca de la papa

Importancia

Los primeros ataques de *Ditylenchus destructor* fueron descritos en Alemania en 1888. Estos nematodos pueden causar considerables daños con pérdidas (en el cultivo de la papa *Solanum tuberosum*) de hasta 100%.

Los problemas solo ocurren a temperaturas de 15 a 20°C y ha humedades relativas superiores a 90%.

Se cree que las poblaciones en África del Sur pueden ser un ecotipo o patotipo separado y confinado a maní; no ha sido reportado atacando papas allí (Álvarez 1980).

El control por medio de la rotación de cultivos es difícil debido al habito polífago de *Ditylenchus destructor*. Se debe usar “papa semilla” libre de nematodos. La fumigación del suelo si bien es efectivo no es económicamente viable.

El requerimiento del nematodo por la alta humedad relativa significa que es improbable que sería un problema en áreas con suelos secos y calientes pudiendo afectar la producción de papa solamente en áreas frías como las del norte de de región de la EPPO. En la región de la EPPO se considera como una plaga de menor importancia como plaga de papa. (CABI, 2000; Smith et al., 1997). A pesar de que se reporta como plaga importante en regiones de clima templado como en Rusia (Chukantseva, N.K. 1983; Solov´eva et al, 1983), Uzbekistan (Adylova & Vasilevskii, 1983; CABI, 2000) Kazakhstan y Azerbaijan (CABI, 2000), no existen datos concretos o claros sobre pérdidas de cosecha.

Ubicación taxonómica

Cepeda (1996) reporta la siguiente clasificación

Familia Anguinidae

Genero *Ditylenchus*

Especia *D. destructor*

Daños

En general no hay síntomas obvios en la planta de la papa, aunque los tubérculos sumamente infestados dan origen a plantas débiles, las que usualmente mueren.

Las infecciones tempranas pueden ser detectadas pelando el tubérculo, lo que revela pequeñas manchas blanquecinas sobre la pulpa sana. Estas luego se agrandan, se obscurecen, adquieren textura lanosa y pueden ahuecarse ligeramente en el centro.

En tubérculos fuertemente afectados, hay áreas típicas ligeramente húmedas con la epidermis agrietada y arrugada, lo que se desprende de la pulpa subyacente en ciertos lugares. Por último, toman una apariencia seca y harinosa, variando en color desde grisáceo a marrón oscuro o negro. Esta decoloración es debido mayormente a la invasión secundaria de hongos, bacterias y nematodos de vida libre (los últimos son fácilmente confundidos con *Ditylenchus destructor*).

En iris y tulipanes las infecciones comienzan usualmente en la base y se extienden hacia arriba de las catáfilas carnosas causando lesiones grises a negro; las raíces ennegrecerse y las hojas se desarrollan pobremente, presentando las puntas amarillas.

Las vainas de los maní muestra una decoloración oscura, la cual aparece primero elongada a lo largo de las venas. Los granos de presentan encogidos.

Hospederos

La papa (*Solanum tuberosum*) es el principal hospedero de *Ditylenchus destructor*, así como camote (*Ipomoea batatas*) y bulbos de *Iris* spp. Ocasionalmente pueden ser hospederos importantes el tulipán (*Tulipa* spp.), gladiolas (*Gladiolus* spp.) y dalias (*Dahlia* spp.). Otros cultivos que podrían ser afectados incluyen la remolacha (*Beta vulgaris*), la zanahoria (*Daucus carota*), el trébol (*Trifolium* spp.) hongos cultivados, cebolla (*Allium cepa*) y ajo (*Allium sativum*). De varios países ha sido reportado atacando varios cultivos y malezas, incluso es parásito de hongos. En general una lista de hospederos, además de la papa (*Solanum tuberosum*), incluyen *Beta vulgaris* var. *saccharifera* (remolacha), *Dahlia hybrids*, *Daucus carota* (zanahoria), *Gladiolus hybrids* (gladiolas), *Iris* (irises), *Trifolium* (trébol), *Tulipa* (tulipán), *Arachis hypogaea* (maní).

Manejo del nematodos

Dentro de las medidas preventivas de control es necesario el uso de semilla-tubérculo libre del nematodo; tratamiento de suelo antes de la siembra con nematicidas fumigantes, aunque esto significa grandes costos de dinero y solo es efectivo donde sea económicamente factible; la rotación de cultivos no es muy efectiva, aunque existe información que en algunos países ha dado resultado. A pesar de que el control es difícil, se presume que existen factores desconocidos que influyen en la población del patógeno, ya que la diseminación no se ha extendido y en algunas áreas anteriormente infestadas de Norte América, la severidad del problema ha disminuido (CABI, 2000; Smith, 1997; Mai et al, 1980; Anónimo, 1997)

Comience con los tuberculos limpios de la papa de semilla. La rotación de cosecha no es tan eficaz, pues la especie es polífaga. La resistencia de la papa se ha explorado a escala limitada

La fumicación con cianuro de hidrogeno (dosis inicial de 4g/ m³) durante 1 hora a 10°C controla a los nematodos del bulbo, rizomas y tubérculos, especialmente en raíces de espárragos y plantas de frutillas.

La infestación de bulbos de iris puede ser controlada por inmersión en agua conteniendo 0.5% de formaldehído a 45.5°C por dos o tres horas, pero algunas variedades pueden ser dañadas durante el tratamiento.

Regulación fitosanitaria

NOM-012-FITO-1998 por lo que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas de la papa.

Que existen en el mundo diversas plagas cuarentenarias que dañan al cultivo de la papa, las que en su mayoría no están presentes en México o están limitadas a pequeñas regiones del país y que cualquier parte de la planta de papa, principalmente los tubérculos son capaces de diseminar problemas fitosanitarios.

Que la mayoría de las plagas asociadas a la papa son capaces de afectar a otros cultivos de la familia *Solanaceae*, tales como tomate, chile, berenjena, tabaco y de otras familias botánicas

Que debido a que la mayoría de los problemas fitosanitarios de la papa son difíciles de detectar en la semilla-tubérculo durante las inspecciones en el punto de Inspección Fitosanitaria Internacional, es necesario establecer medidas fitosanitarias que regulen su importación, así como los de sus productos y subproductos para prevenir la introducción, diseminación y establecimiento de plagas cuarentenarias que la afectan.

Europa:

República de Austria, Reino de Bélgica, República de Bulgaria, República Checa, República Eslovaca, República de Finlandia, Reino de España, República Francesa, República Federal de Alemania, República Helénica, República de Hungría, República de Irlanda, Jersey, Gran Ducado de Luxemburgo, Reino de los Países Bajos, República Polaca, Rumania, Reino de Suecia,

Asia:

República Popular de Bangladesh, República Islámica de Irán, República de Kazajstán, República de Kirguistán, República de Tayikistán, República de Turkmenistán, República de Uzbekistán.

Africa:

República de Sudáfrica.

América:

Canadá, Estados Unidos de América (Hawái)

***Ditylenchus dipsaci* (Kuhn)**

Nematodo del tallo y bulbo.

Importancia

El nematodo del tallo ataca a mas de 450 especies diferentes de plantas, entre las más afectadas están, cebolla, ajo, narciso, jacintos, tulipanes, avena, centeno y fresa. *D. dipsaci* causa daños en México, sobre todo en ajo.

En Marín y Escobedo, Nuevo León, ha arruinado muchas siembras experimentales (De la Garza, 1996).

En la actualidad es una plaga extendida por todo el mundo (Walker 1965).

Ubicación taxonómica

Cepeda (1996) reporta la siguiente clasificación:

Familia Anguinidae

Genero *Ditylenchus*

Especie *D. dipsaci*

Síntomas

La avena y centeno infectados producen muchos brotes cortos, las vainas y otras estructuras se vuelven tumefactas. En dicotiledóneas, los tallos atacados se tuercen y deforman, y las hojas se arrugan y se rizan. En narciso, partes de la hojas se contraen y se decolora, pueden tener pequeñas manchas claras semejantes a barro, llamadas espículas.

En cebollas la emergencia es retardada. Las plantas enfermas se ven pálidas, torcidas y arqueadas, la mayoría muere a las tres semanas posteriores a la plantación. Las plantas jóvenes enfermas presentan hinchazones, espículas en el tallo, escorzo y rizado de las hojas, y están achaparradas. Los bulbos enfermos se resecan, son incoloros, blandos y muy ligeros (Agrios, 1986).

Manejo del nematodo

En alfalfa y trébol se recomienda enterrar y destruir los residuos de cosecha, hacer barbecho en seco, eliminar mezclas de hospederos, rotar cultivos por cuatro años con plantas resistentes como espinacas, zanahoria y lechuga.

El tratamiento de bulbos de narciso consiste en remojar previamente durante 2h a 24°C, y luego sumergir en agua que contenga un agente humectante a 43.3°C durante 4h.

En ajo de preferencia con los dientes separados, se sumergen en agua a 45°C durante 20 minutos. Para mayor efectividad agregue formolina al 1% y detergente al .1%. la temperatura a la que muere los patógenos y sufren daños los bulbos y el tiempo de exposición (Álvarez 1980).

Se recomienda tratar el suelo infectado plantado de cebolla con adicarb, theonazin y dezomet. Un tratamiento a la semilla de ajo con agua caliente y luego en campo con Oxamil fue efectivo en Sonora.

Regulación fitosanitaria

NOM-006-FITO-1995 por lo que establece los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretenden importar cuando estos no están establecidos en una norma oficial específica.

***Globodera rostochiensis* (Wollenweber)**

Nematodo dorado de la papa

Importancia

En 1914, en Alemania, Zimmerman lo catalogo como un nematodo peligroso para dicho cultivo, nombrándolo, en 1927, *Heterodera schachtii solani*.

Wollenweber, en 1923, comparo quistes de este organismo con los encontrados en la remolacha y observo diferencias, por lo que concluyo que se trataba de una especie diferente, a la que llamo *Heterodera schachtii rostochiensis*.

En 1988, en Alemania, durante la campaña contra *Heterodera schachtii* (nematodo de la remolacha), Kuhn observo quistes en las raíces de la papa y considero que se trataba de una subraza de la misma especie.

Se conoce como el “nematodo dorado de la papa”, una especie sumamente importante en el cultivo de papa en las principales regiones productoras de mundo. Tanto *G. rostochiensis* como la otra especie relevante en papa, *G. pallida*, son nematodos de importancia cuarentenada para la regiones de NAPPO, EPPO, COSEVE. En México (Anónimo 1995).

Ubicación taxonómica

Según Hirschmann (1982) la posición del género *Globodera* es la siguiente:

Familia Heteroderidae

Genero *Globodera*

Especie *G. rostochiensis*

Daños

Los daños por este nematodo corresponde especialmente a una disminución de rendimiento (tamaño y peso de los tubérculos), consecutivo a un mal crecimiento del vegetal: entre nudos cortos, enanismo. Dicho estado se observa en primer lugar a forma de rodales en vegetación que extiende con tiempo hasta generalizarse al total de la parcela y que puede ser confundido con un exceso de herbicidas, fitotoxicidad, falta de fertilización. Etc.

Los daños debidos a *Globodera* vienen agravados por la presencia de *Verticillium dahliae*; los síntomas debidos al hongo aparecen antes y son mas graves en presencia del nematodo (Harrison 1970).

Igualmente se ha señalado una sinergia con *Rhizoctonia solani* por (Grainger y Clark 1963) los daños indirectos pueden ser mas graves.

Parasitismo

Cuando se siembra papa que ya ha sido infestada por *Globodera rostochiensis*, las raíces son invadidas antes que emerjan. Los brotes de larvas de segundo estadio cortan las paredes celulares y penetran la raíz, dejando un rastro de células rotas; las aéreas de la raíz más atractivas para las larvas son la cofia, la zona de elongación y el área pilosa. Las larvas se empiezan a mover desde la punta de la raíz y a través de esta, depositándose en un lugar donde se alimentaran de células del pedicelo, cortex o endodermis. La saliva producida por las glándulas esofágicas se inyecta a la célula de la raíz donde la cabeza del nematodo esta embebida. Estas células agrandadas se convierten el desarrollo del nematodo. Esta actividad dentro de las raíces del hospedero de cómo resultado disturbios en el transporte de agua y nutrientes para el desarrollo de las plantas (Aguilar 1997).

Hospederos

En la actualidad se conoce que el nematodo dorado únicamente ataca *Solanaceae*, encontrándose entre ellas cultivos de gran importancia agrícola como son: papa (*Solanum tuberosum L.*), tomate (*Lycopersicum esculentum*), berenjena (*Solanum melongena*). En México las especies de *Solanaceae* que pudieran ser fuente de reproducción del nematodo y que se encuentra en forma silvestre en grandes aéreas son las pertenecientes a los géneros *Solanum*, *Lycopersicum* y *Physalis*; y una especie de gran importancia en el país es *Datus stramonium L.* conocida comúnmente como “Toloache” (Aguilar 1997).

Manejo del nematodo

En el país donde se presenta este nematodo dorado, las medidas cuarentenarias son una de las primeras medidas de control que se practican, este control legal evita medidas o retarda el establecimiento del nematodo dentro de las zonas libres. Las desventajas de este método radica en que las medidas cuarentenarias de los países infestados varían inversamente proporcional con el grado de infestación (Aguilar 1997).

Solarización del suelo:

Se recomienda el uso de plástico negro de calibre 80 por espacio de 62 días, ya que se reduce las poblaciones en 95%(Kleynhans 1998). La solarización del suelo es recomendable para superficies pequeñas y bajo condiciones de invernadero. El costo del plástico, así como su instalación y su retiro, hacen que este método sea altamente caro (Whitehead 1998).

Nematicidas:

Lo más utilizado son el Telone II (94% de 1, 3- dicloropropeno) y el D-D (55% de 1, 3- dicloropropeno). En condiciones de invernadero, y cuando las pérdidas en jitomate son atribuibles a este nematodo, la aplicación de Telone II (448 kg /ha), combinando con dezamet (besamid) (434 kg/ha), puede

ocasionar una mortalidad de 98-100% de juveniles infectivos, ello aunado al uso de cubiertas plásticas para prevenir el escape de los fumigantes.

Variedades resistentes de papa hacia nematodo dorado (*Globodera rostochiensis*):

Atlantic: tiene resistencias contra tizón tardío, nematodo dorado (*Globodera rostochiensis*), PVX (Inmune), necrosis reticulada del tubérculo, sarna común, verticilo y verruga. Tiene susceptibilidades a necrosis de calor, corazón vacío y sequia.

Regulación fitosanitaria

NOM-007-FITO-1995 se ha elevado con el fin de establecer los requisitos fitosanitarios y especificaciones para la importación de material vegetal propagativo, entre estas plántulas de jitomate procedentes de E.U.A con el fin de prevenir la introducción, diseminación y establecimiento de plagas de importancia cuarentenaria al terreno nacional, entre ellas *G. rostochiensis* (Anónimo 1995).

Que el Estado de Baja California Sur cumple con las disposiciones fitosanitarias emitidas a través de las NOM-025-FITO-2000, Para el establecimiento de zonas bajo protección y zonas libres de plagas cuarentenarias de la papa y NOM-069-FITO-1995, Para el establecimiento y reconocimiento de zonas libres de plagas, en razón de lo anterior he tenido a bien expedir el siguiente:

***Meloidogyne* ssp. (Goeldi 1892)**

Nematodo agallador

Introducción

Es una plaga importante en los vegetales a nivel mundial (Johnson, 1995). Además de afectar directamente a los cultivos, los nematodos pueden interactuar con otros organismos fitopatógenos provocando un complejo de enfermedades que provocan pérdidas mayores que las provocadas de

manera individual (Webster, 1985). Los efectos de las enmiendas orgánicas en las poblaciones de nematodos varían de acuerdo a las especies de nematodos y el tipo de enmienda. Las enmiendas orgánicas juegan un papel importante en un programa de manejo integrado de plagas (Miller, 1977; Duncan and Noling, 1998).

La aplicación de enmiendas orgánicas pueden afectar las poblaciones de nematodos y su efecto sobre el cultivo puede ser provocando un crecimiento vigoroso de la planta, aumentando la resistencia del cultivo al ataque del nematodo, promoviendo las poblaciones de microorganismos que compiten por los nichos ecológicos o microorganismos antagonistas, y/o liberando compuestos nematicidas (Coosemans, 1982)

El nematodo de la raíz ataca más de 2000 especies de plantas, incluyendo a la mayoría de las plantas cultivadas (Agrios 1986)

Dentro de algunos géneros de nematodos, que son de gran importancia parasítica en la mayoría de las plantas cultivadas, están los nematodos agalladores *Meloidogyne*, los cuales reducen el rendimiento y el valor comercial del producto por el aspecto verrugosa del tubérculo (Jatala 1986).

Esto ha obligado a los agricultores a desarrollar métodos adecuados y eficiente para el manejo del nematodo agallador en terrenos donde se cultiva papa; sin embargo, hoy en día no existe un método que controla completamente a dicho nematodo, por lo que es necesario echar mano del control legal, mediante el establecimiento e implementación de cuarentenas, en zonas afectadas (Jatala, 1986)

Importancia

Las características en cuanto a morfología no ha producido una definición objetiva de lo que contribuye una especie de *Meloidogyne* spp. Se reproduce por partenogénesis esto significa que el concepto de especie biológica no puede ser aplicada a *Meloidogyne*, o al menos debería de hacerse con algunas aclaraciones (Sasser 1977). El género *Meloidogyne*

contribuye el grupo de nematodos fitopatógenos de mayor importancia en hortalizas, muchas de ellas cultivadas bajo condiciones de invernadero en regiones templadas (jitomate, pepino, chile, lechuga, papa, etc.). Son varias las especies de nematodos agalladores que impactan a cultivos de importancia económica, pero resaltan cuatro como lo más comunes y devastadoras: *M. incognita*, *Marenaria*, *M. javanica* y *M. hapla*. En sus plantas hospederas, entre las cuales el jitomate se comporta como hospedante universal, todas las especies de *Meloidogyne* inducen agallamiento en las raíces, ya sea de tamaño pequeño o muy grande; al grado de que el sistema radicular pueda deformarse por completo.

Ubicación taxonómica

Según Cepeda (1996), la posición del género *Meloidogyne* spp es la siguiente:

Familia Heteroderidae (Filipjev, Schuurmans Stekhoven 1942).

Subfamilia Meloidogyninae (Skarbilovich, 1959).

Genero *Meloidigyne*.

Daño

Este nematodo induce la formación de agallas en la papa, sobre todo en las raíces y tubérculos. Las agallas radiculares obstaculiza la circulación del agua y de los elementos minerales indispensables para la alimentación de la papa. Las pérdidas de rendimiento están unidas al nivel de contaminación del suelo antes del cultivo. Los tubérculos atacados aparecen deformados o cubiertos de pústulas más o menos extensas lo que les hace impropio para su comercialización. (Griffin 1985; Pinkerton *et al.*, 1991).

Manejo del nematodo

Control Físico:

En cuanto a los métodos físicos de control puede considerarse al calor seco húmedo, agua caliente, vapor, baja temperatura, electricidad, irradiación o una combinación de ellos.

Control biológico:

Existe bibliografía sobre el control de nematodos por métodos biológicos, se señala como enemigos naturales a los Virus, Rickettsias, Bacterias, Hongos y Nematodos depredadores.

Control cultural:

En lo que respecta a medidas culturales pueden utilizarse el barbecho, inundación, cultivos de cobertura, rotación de cultivos, fechas de siembras, abono orgánico, eliminación o destrucción de plantas infectada, cultivos trampa y antagonicos, solarización, saneamiento, cuarentenas, entre otros.

Control genético:

La producción de variedades resistentes es limitada y solo se disponen de algunas en determinados cultivos.

El control químico:

Ha sido la medida de control más recurrente. En invernadero, estos nematodos pueden controlarse eficazmente esterilizando el suelo con Vapam o fumigándolo con nematicidas fumigantes. En campo, la mejor alternativa es la fumigación del suelo con Dezomet (.75-1.5 l/ha), Cloropicrina (323-374 l/ha) siete a diez meses antes del trasplante). También son efectivos las aplicaciones a través del sistema de riego por goteo de Carbofuran u Oxamil, ya sea a una dosis de 1.68 kg/ha tres veces en invernadero de dos semanas o bien .37 Kg/ha seis veces en intervalos de 3 a 6 días (Richerdson and Grewal 1993; Whitehead 1998).

Al aplicar productos nematicidas deben tomarse en cuenta varios factores que están involucrados con el buen éxito del control; por mencionar algunos de ellos, está el tipo de suelo y sus condiciones, húmedas y temperatura, profundidad de aplicación, cantidad y método de aplicación (Agrios 1996).

Solarización del suelo:

Siempre y cuando se alcancen temperaturas entre 50 y 60°C. el inconvenientes de esta alternativa es que su efecto se manifiesta solo en los estados más superficiales del suelo.

Rotación de cultivos:

A pesar que las especies de este género tiene un amplia gama de hospederos (casi cualquier familia botánica), algunos grupos de plantas se han reconocido como no hospedante, entre ellas pastos (*Eragrosti curvula*, *Digitaria decumbens* y *Penicum maximum*) varios cereales (maíz, cebada, trigo y avena).

Resistencia genética:

En jitomate se conocen varios materiales resistentes a las principales especies de *Meloidogyne*, entre ellos están Anahu, SL-120, WFN 8 y Rossol, esta alternativa puede verse restringido ante la presencia de razas; en el caso de *M. incognita*, *M. arenara* y *M. hapla* estas ya se han documentado.

Numerosas variedades pertenecientes a diversas familias han sido seleccionadas por su resistencia frente a determinadas especies o raza: algodón, cacahuate, sandia. Se disponen de variedades de judía resistencia a *Meloidogine* (Hartmann 1970; Ginoux *et al.*, 1979).

Actualmente se desarrollan un importante trabajo de selección para crear variedades resistentes de papa a parte de los estudios de heredabilidad del carácter de resistencia de esta planta frente a *M. incognita* y a *M. javanica* (Jones y Dukes, 1980).

Regulación fitosanitaria

NOM-006-FITO-1995 Por lo que establece los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y sub-productos que se pretenden importar cuando estos no están establecidos en una norma oficial específica. Esta norma menciona los requisitos fitosanitarios para el ingreso de productos y sub-productos a México dados por la SAGARPA.

***Radopholus similis* (Cobb) Thorne**

Nematodo de los cítricos, nematodo de madriguera.

Antecedentes históricos.

Primero identificado en plátano en las Islas Fiji en 1893. La merma que ocasionaba en cítricos hizo que fuera reconocida como enfermedad en 1930, pero fue hasta 1953 que se reconoció como la causa primaria (De la Garza 1996).

Distribución

Radopholus similis es de distribución mundiales en regiones tropicales y sub-tropicales y ocurren dondequiera que se cultiven plátanos, en África, parte de Asia, América central y del sur, Cuba, Australia y varios países en Europa meridional (De la Garza, 1996).

En los Estados Unidos, el nematodo se encuentra en la mayoría de los estados del Sureste, Puerto Rico y Hawái.

Los medios principales de transmisión del nematodo de madriguera son por traslado de plantas infectadas, El nematodo de madriguera también se lleva con el suelo o en raíces de plantas (Guzmán 1999).

Ubicación taxonómica

Cepeda (1996) reporta la siguiente clasificación:

Familia pratylenchidae

Subfamilia Pratylenchinae

Genero *Radopholus*

Especie *R. similis*

Hospederos

Se conocen más de 350 anfitriones. El nematodo de madriguera puede ser el parasito mas importante en cosecha de la fruta (especialmente fruta citica y plátano) en las zonas tropicales. La mayoría de los cultivos del plátano y de los cítricos son daños por *R. simili*. Otros anfitriones primarios incluyen: fruta cítrica, coco, jengibre, palma, aguacate, café, planta del rezo, pimienta negra, caña de azúcar, té, ornamentales, arboles y malas hiervas. (Agrios 1986).

Los nematodos encontrados en plátanos y en cítricos, fueron descritos, en un principio, como especies diferentes, *R. similis* y *R. citrophilu*; sin embargo, a partir de estudios de Huettel, Dickenson y Kaplan (1984), ahora se denomina como síntomas.

Radopholus similis parasita el plátano pero no a la fruta cítrica. La raza de los cítricos ataca la fruta y el plátano. Puede también haber una raza de la caña de azúcar (Agrios 1986).

Daños

Radopholus similis en un endoparásito migratorio de las raíces de la planta y causan la declinación o muerte progresiva del fruto (Guzmán 1999).

Las plantas afectadas por *R. similis*, presentan una reducción sustancial de su sistema radical que impide el transporte vascular de agua y

nutrimentos. En consecuencia se observa pobre crecimiento, reducción en el tamaño y número de hojas, defoliación prematura y frutos reducidos en tamaño (Agrios, 1997).

También se puede observar el volcamiento de plantas especialmente con racimos, debido al pobre anclaje que ofrecen las raíces severamente infestadas con el nematodo (Robinson, 1996).

El volcamiento de las plantas es el factor principal de pérdida monetaria, que no solo disminuye considerablemente la producción, sino que también afecta la habilidad de la planta para producir retoños (Román, 1978; Stover and Simmonds, 1987). *R. similis*, también ejerce un efecto directo y marcado sobre los retoños del plátano. Este puede necrotizar un 85 por ciento del sistema radical de retoños derivados de plantas susceptibles, y por consiguiente contribuye al decaimiento de la producción (Fogain and Gowen, 1997). Según Román (1978), los rendimientos de la primera cosecha son relativamente altos. Sin embargo, la segunda cosecha se ve tan afectada que hace de su producción una no rentable para el agricultor. Existen reportes de estudios realizados en Puerto Rico con el cultivar de plátano Maricongo, que indican que la producción de la plantilla, primer y segundo cosecho, puede disminuir en un 43, 95 y 92% respectivamente (Román, et al., 1977). Como consecuencia de la reducción en la productividad de las plantaciones,

Manejo del nematodo

Como medida preventiva se recomienda usar suelos libres del nematodo, material certificado y evitar que *R. similis* se introduzca en la plantación.

El combate de la declinación progresiva de los cítricos es difícil. Hay que tratar los arboles de cítricos con agua caliente a 50°C durante 10 minutos, o asperjar con solución de nematicidas. También se debe aislar las aéreas infestadas, y evitar diseminación del patógeno. Hay que destruir los arboles infestados y fumigar con DD (dicloropropeno-dicloropropano), se debe esperar dos años antes de volver a plantar. Usando bancos tolerantes.

Plantas variedades resistentes; milan, limón carigan, áspero, etc. (De la Garza 1996).

Control químico

Actualmente, el control químico es la manera más común de controlar las poblaciones de nemátodos. Los nematicidas, utilizados hasta ahora, han sido generalmente órgano fosforados o carbamatos, los cuales son aplicados como gránulos sobre la superficie del suelo alrededor de la planta, de forma profiláctica y generalizada, es decir que la aplicación de éstos se hace de acuerdo a una calendarización que indica el número de veces que deben ser utilizados en el cultivo sin importar si el banano se encuentra o no afectado por la plaga en el momento (Sarah 1996).

Las aplicaciones indiscriminadas de nematicidas han causado un gran número de intoxicaciones o enfermedades crónicas entre los trabajadores bananeros. Aún así, los nematicidas son utilizados en gran escala, y además de causar problemas en la salud humana y animal, éstos conllevan a problemas ambientales como contaminación de afluentes y un efecto biácida en los suelos que son tratados con éstos.

Control biológico e inducción de resistencia

En muchas ocasiones se ha demostrado que los suelos con alto contenido de materia orgánica se caracterizan por ser sorpresivos al desarrollo y la actividad de diversos patógenos y nemátodos (Baker y Dunn 1990). Esta supresividad se fundamenta en la existencia de un amplio espectro de microorganismos que forman parte de un sistema complejo de interacciones que conforman la rizósfera dónde la competencia por las fuentes alimenticias, nichos entre predador - presa ayudan a limitar la población de microorganismos con potencial de plaga (Altieri 1999; Baker y Paulitz 1996). La utilización de hongos como *Paecylomyces lilacinus* y bacterias como *Bacillus thuringensis* var, han tenido gran éxito en el control de *R. similis*.

En las raíces de las plantas se establecen relaciones simbióticas con comunidades de microorganismos específicos, los cuales son atraídos mediante exudados que son producidos por la planta y que son emitidos mediante la endoriza (Sikora 2003). Es por esto que microorganismos específicos logran colonizar las raíces, y desencadenan reacciones de defensa en las plantas hospedantes. Este tipo de mecanismos de defensa activada son conocidos como Resistencia Sistémica Inducida (ISR) o Resistencia Sistémica Adquirida (SAR), donde la señal estimuladora es capaz de inducir la síntesis y acumulación de ácido salicílico (SA) y/o de etileno, que actuarían como mensajeros secundarios para la producción de fenilpropanoides (Pieterse *et al.* 2001)

Paecilomyces lilacinus fue observado por primera vez en asociación con huevos de nemátodos por Lysek en 1976 (Stirling, 1991) parasitando hembras y huevos. Además, encontró que la habilidad de *P. lilacinus* controlando el nemátodo aumenta cuando este se integra a un material orgánico. *Paecilomyces lilacinus* actúa como un buen colonizador de raíz y competidor de rizósfera (Chen *et al.*, 2000 b). El pH del suelo no tiene efecto en la actividad nematicidas de *P. lilacinus*.

Khan *et al.* (2001) reportaron que al agregar al suelo *P. lilacinus* y *Trichoderma harzianum*, que son hongos nematófagos, junto al substrato orgánico se reduce la población del nemátodo nodulador y aumenta el vigor de la planta (Khan *et al.*, 2001).

Regulación fitosanitaria.

NOM-011-FITO-1995 por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas de los cítricos.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto prevenir la introducción y diseminación de plagas cuarentenarias al territorio nacional, mediante el establecimiento de regulaciones y medidas fitosanitarias para la importación de los productos objeto de este ordenamiento; siendo aplicable únicamente a las plantas de cítricos, sus partes, órganos, material genético con fines de

investigación, fruta fresca de cítricos y material propagativo, así como sus envases y empaques.

Debido a la amplia distribución de plagas cuarentenarias no presentes en nuestro país, se prohíbe el traslado a través de territorio nacional con destino a un tercer país, de la semilla botánica, material propagativo y fruto procedente de los países afectados por el nematodo barrenador *Radopholus similis* que a continuación se mencionan:

Europa:

Reino de Bélgica, República Francesa, República Federal de Alemania y República Portuguesa.

Asia:

República de la India, República de Indonesia, Japón, Federación de Malasia, República Islámica de Pakistán, República de Filipinas, República Socialista Democrática de Sri Lanka y Reino de Tailandia.

África:

Todo el continente.

América:

Martinica, Estado Libre Asociado de Puerto Rico, Estados Unidos de las Islas Vírgenes, República de Guatemala, Belice, República de El Salvador, República de Honduras, República de Costa Rica, República de Panamá, República de Nicaragua, Canadá, Estados Unidos de América, República del Ecuador, República de Colombia, República del Perú, República del Paraguay, República Oriental del Uruguay, República de Surinam, República de Chile, República Argentina, República Federativa del Brasil, República de Bolivia, República de Venezuela, República Cooperativa de Guyana y Guayana Francesa.

Oceanía:

Commonwealth de Australia, República de Fiji, Polinesia Francesa y Estado Independiente de Papúa Nueva Guinea.

***Rhadinaphelenchus cocophilus* (Cobb 1919)**

Nematodo del anillo rojo

Importancia económica y hospederos

R. cocophilus produce la enfermedad anillo rojo del cocotero, que se presenta en más de 20 países incluyendo Centro y América del Sur. En México la enfermedad es un problema grave en Veracruz, Tabasco, Colima, y Guerrero, que son los estados que mas cocotereros tienen (De la Garza 1996).

Ubicación taxonómica

Cepeda (1996) reporta la siguiente clasificación:

Familia Aphelenchodidae

Subfamilia Rhadinaphelenchinae

Genero *Rhadinaphelenchus*

Especie *R. cocophilus*

Evolución de la enfermedad

R. cocophilus puede penetrar en la palma por heridas en las axilas de las hojas o el tejido sano del peciolo, pero la forma principal en la trasmisión a través del escarabajo vector (*Rhynchophoru palmarum*), que es el picudo del cocotero y constituye la plaga principal de esta planta. Las larvas de *R. palmarum* hace túneles en la planta y a su paso engullen nematodos jóvenes (de tercer estadio), algunos de los cuales se mantienen en la cavidad del cuerpo durante la metamorfosis del insecto. La forma principal de que el nematodo salga del insecto es cuando las hembras ovopositor. Las

perforaciones hechas por las hembras de *R. palmarum* al ovopositor son profundas y aseguran la transmisión del nematodo (De la Garza 1996).

Todos los estadios de desarrollo de *R. cocophilus* se ha colectado de tejidos de raíces, tallos y peciolos de palmas jóvenes (de 4 a 10). El tercer estadio es el más infeccioso, el que se encuentra en mayor cantidad de tejidos enfermos, el más resistente a los factores ambientales adversos y al que puede sobrevivir de tres a cinco meses en el tejido de cocotero en descomposición. Los nematodos se mantienen en el suelo hasta 15 días (De la Garza 1996).

Síntomas

Por lo general, la enfermedad se presenta en palmas de tres a 10 años de edad. Externamente la planta enferma muestra un amarillamiento y bronceado de las hojas viejas que comienza en los ápices. Los síntomas avanzan desde base hacia arriba, hasta que las hojas mueren, se rompen y cuelgan. Luego se marchita la punta de crecimiento y la inflorescencia y el árbol muere. Si la planta tenía frutos, esta cae prematuramente. Por lo general, las plantas mueren después de ocho a 12 meses de presentar los primeros síntomas. Los síntomas son indiscretos y pueden confundirse con los producidos por otras enfermedades como amarillamiento letal, hoja bronceada, etc. (De la Garza 1996).

Manejo de la enfermedad

La mejor manera de abatir la enfermedad esta atacar al insecto vector, lo que se logra con el empleo de trampas que contengan un atrayente, comúnmente tejido infectado e insecticida. También aplicar insecticida sistémico como Dematon que afecta directamente al nematodo (De la Garza 1996).

Regulación fitosanitaria

NOM-006-FITO-1995, por la que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan importar cuando éstos no estén establecidos en una norma oficial específica.

***Xiphinema index* (Thorne 1915)**

Nematodo de la daga

Distribución

Relacionado con el hospedero más importante, la vid, se encuentra en Argentina, Australia, Chile, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irán, Irak, Italia, África del norte, Portugal, África de sur, España, Turquía y Estados Unidos, encontrado generalmente al norte de California (Álvarez 1980).

Ubicación taxonómica

Capeda (1996) reporta la siguiente clasificación

Familia Longidoridae

Genero *Xiphinema*

Especie *X. index*

Hospedaros

Tiene una gran gama estrecha de hospederos, entre los más importantes están: vid, higo y manzana.

Síntomas

Las raíces atacadas muestran necrosis, carencia de raíces laterales, hinchazón terminal o hipertrifia. En forma experimental se ha demostrado que existe una reducción en peso de la raíz de 38 a 65% (Guzmán 1999).

Daños

Impide el desarrollo y crecimiento de la raíz alimentándose de ella. Otro daño de manera indirecta que causa *Xiphinema index* es de servir como vector del virus de la hoja de abanico de la vid.

Síntomas causados por el virus de la hoja de abanico de la vid:

- Malformación de la hoja.
- Ramificación anormal del lanzamiento. Manojos
- pequeño,
- sistema pobre de la fruta, maduración irregular. Mosaico amarillo.

El virus se asocia íntimamente a la guarnición del esófago, adquirida en 5 a 15 min de alimentación, y persiste hasta nueve meses aunque el nematodo no esté alimentándose. El virus se pierde con la muda y no pasa a través de etapa del huevo.

El virus de la hoja de abanico de la vid causa el vigor reducido, carencia del sistema de la fruta producción reducida.

Manejo del nematodo

Quite las vides infectadas por el virus e inicie la rotación de cinco años para las raíces, seguido por la fumigación pre-siembra. El organofosfato Namacur (phenamiphos), el carbamato Furadan (carboruran) y tetrathiocarbonato de sodio (enzone) se coloca para el tratamiento postulante.

Regulación fitosanitaria

NOM-006-FITO-1995, por la que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan importar cuando éstos no estén establecidos en una norma oficial específica.

MANEJO ORGÁNICO

Este tipo de agricultura promueve la sostenibilidad integral de los recursos genéticos, agronómicos y ecológicos. Sin embargo, a pesar de que bajo un manejo orgánico adecuado los problemas fitosanitarios y agronómicos en general se minimizan, en ocasiones aparecen inconvenientes difíciles de manejar en el corto plazo que ponen en riesgo la producción en calidad o cantidad de las cosechas. Uno de los principales retos de la producción orgánica es el manejo adecuado de plagas y enfermedades (Willer y Zanoli, 2000).

¿Qué es la agricultura orgánica?

De acuerdo con el Manual Internacional de Inspección Orgánica (Riddle y Ford, 2000), la agricultura orgánica incluye todos aquellos sistemas agrícolas que promueven la producción de alimentos y fibras que sean ambientales, social y económicamente sustentables. La agricultura orgánica, también llamada biológica se define mejor como “aquellos sistemas holísticos de producción que promueven y mejoran la salud del agroecosistema, incluyendo la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, prefiriendo el uso de prácticas de manejo dentro de la finca al uso de insumos externos a la finca, tomando en cuenta que condiciones regionales requieren de sistemas adaptados a las condiciones locales: Esto se logra utilizando en lo posible métodos culturales, biológicos y mecánicos en oposición a materiales sintéticos para satisfacer cualquier función específica dentro del sistema (Codex Alimentarius, 1999; Gómez, 2000).

De aquí que para muchos la agricultura orgánica nace con nuestros ancestros, indígenas mayas que tuvieron la capacidad de alimentar más de treinta millones de habitantes en áreas reducidas, utilizando únicamente insumos naturales locales. La nueva escuela de agricultura orgánica, que tomo fuerza en Europa y Estados Unidos alrededor de 1970, nació como una respuesta a la revolución verde y la agricultura convencional (Amador, 2001; García, 1998). La orgánica es en definitiva un concepto diferente de la actual agricultura industrial o convencional. No es una nueva técnica agrícola ni es

algo restrictivo o retrógrado; por el contrario, es creativa, científica y avanzada y permite la solución de graves problemas ambientales, sanitarios y sociales, producidos por el desequilibrio de los monocultivos convencionales. Al no usar agroquímicos, ahorra dinero al productor, que utiliza para la fertilización los subproductos de la finca, con lo que evita además que contaminen. Ahorro también individual y colectivo, de maquinaria pesada y combustibles y de los recursos y contaminaciones consiguientes. Mejora la salud de productores y consumidores al evitar biocidas y otros productos tóxicos, y mejora la calidad alimentaria. Conserva y amplía la variedad de plantas cultivadas que los agricultores han sabido utilizar para mejorar suelos y proteger cosechas.

De acuerdo con las estadísticas del 2005 de la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM), este tipo de agricultura; después de un desarrollo acelerado, es ahora practicada en aproximadamente 110 países en el mundo, y la superficie y el número de agricultores continua creciendo (Yussefi, 2005). Además, se asume que muchos más productores y áreas producen orgánicamente sin haberse certificado. Los últimos estudios señalan que más de 26 millones de hectáreas son actualmente manejadas orgánicamente por un mínimo de 558,449 agricultores en todo el mundo. La demanda de productos orgánicos; sobre todo de hortalizas frescas y procesadas, de igual forma se incrementa continuamente permitiendo a los productores orgánicos un mayor potencial de desarrollo económico, al mismo tiempo que protege sus recursos agrícolas y ecológicos.

Los sistemas naturales se caracterizan por la casi ausencia de enfermedades y plagas a nivel epidémico, esto es a nivel de afectar poblaciones enteras de hospederos. Esto es debido a la presencia de un equilibrio natural entre las poblaciones de patógeno y las poblaciones del hospedero (Browning 1980, Leonard 1984). Se mantiene un equilibrio dinámico entre las razas virulentas/ no virulentas del patógeno y la susceptibilidad/resistencia del hospedero, en el que ninguno de los componentes puede volverse preponderante (Romero 2001).

El ambiente regulatorio y la toma de decisiones en manejo de plagas

El manejo de plagas enfrenta al problema de las plagas en sí; que puede convertirse en la principal limitante de la producción, y además las limitaciones que se tienen para su manejo. Para entender el campo de acción en manejo de plagas es necesario conocer el ambiente regulatorio de la agricultura orgánica. La certificación y las normas orgánicas fueron desarrolladas a partir de iniciativas de organizaciones privadas, no gubernamentales y basadas en la participación voluntaria (Riddle y Ford, 2000). Los gobiernos han establecido definiciones legales de “orgánico” e implementado mecanismos de cumplimiento obligatorio. En la mayoría de los países; especialmente los industrializados, la certificación se ha vuelto obligatoria para los operadores que etiqueten sus productos como “orgánicos”. Los acuerdos internacionales y los requerimientos de acreditación tienen impacto ahora en los inspectores y en las agencias de certificación.

A pesar de que desde su fundación en 1972, IFOAM ha trabajado para armonizar las normas y sistemas de certificación, aún existen algunas diferencias en las normas y métodos de operación de varias agencias y programas de certificación, incluso entre los de los principales países consumidores como Estados Unidos, Japón y Unión Europea. Algunos gobiernos establecen normas mínimas, lo que permite que cada agencia establezca sus propias normas. Aunque prácticamente todas se sujetan a normas generales establecidas en el propio Codex Alimentarius, los Reglamentos CEE No. 2092/91 y No. 2078/92 (CEE, 2000; Díaz, 2000) de Europa, las Normas Orgánicas Americanas y el Acta para la Producción de Alimentos Orgánicos de Estados Unidos y la Guía ISO 65, establecida por la Organización Internacional para la Normalización y la Comisión Internacional Electrotécnica (Riddle y Ford, 2000).

Abono Verde

Los abonos verdes son plantas que se cultivan para beneficio del suelo. Pese a que la mayoría de los abonos verdes son nitrógenos que fijan más

rápido, el cultivo temprano o la mayor tolerancia a las condiciones extremas, hacen que las especies no-legumbres se conviertan en alternativas valiosas. Los abonos verdes son utilizados para conservar mediante succión los nutrientes del suelo, para añadir nutrientes y materiales orgánicos al suelo, para mejorar la estabilidad y estructura del suelo y, además, para controlar la erosión, el saturado de aguas y la lixiviación de minerales. Además, existe creciente evidencia de que la incorporación de abono verde puede representar una medida de control efectivo de ciertos patógenos autoengendrados.

Compostas

El composteo es una forma de manejo de desechos sólidos, en donde los componentes orgánicos de estos productos son biológicamente descompuestos de una manera controlada, hasta convertirlos en un material húmico estable, el cual puede ser almacenado y manejado como abono orgánico sin perjuicios para el ambiente, a esta resultante se le llama composta. La composta es el abono natural que se hace a partir de materia orgánica (restos de frutas, verduras, estiércol y agua).

Es el producto estabilizado e higienizado que se obtiene de la descomposición biológica oxidativa de materiales orgánicos frescos de desechos animales y vegetales. Cegarra (1994)

Entre las medidas empleadas para el control de nematodos (*Scutellonema*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Radopholus*) además de la desinfección prealable con extractos de rutáceas y yodo, o con inmersión en agua a 50 °C por 15 minutos y baño por 10 minutos con hipoclorito de sodio del material de plantación, las técnicas preventivas de solarización, el uso de endofitas, diferentes técnicas de acolchado (mulch), rotación de cultivos (como con *Digitaria decumbens*) y algunos extractos botánicos como el Nematrol.

Manejo de Plagas y Enfermedades

Al plantearse un manejo orgánico en producción vegetal, hay que tener en cuenta que la aparición de plagas y enfermedades en determinado cultivo es el resultado de un manejo preventivo inadecuado. Se debe tener presente que uno de los principales aspectos a considerar en la producción es recabar previo a la plantación, la mayor información posible sobre plagas y enfermedades que más comúnmente se manifiestan y las formas de prevenir, de repeler y de curar que se dispone según la información disponible.

Otros de los grandes temas a tener en cuenta y que está íntimamente ligado al control de plagas o enfermedades son:

La preparación física de los suelos, la nutrición y las formas de solucionar.

Los déficits puntuales de nutrientes que cada cultivo pueda tener.

Las variedades más adecuadas y resistentes a los problemas que puedan suscitarse.

La disponibilidad de agua y las posibilidades de controlar la humedad de suelos y del medio ambiente.

Si se tienen en cuenta todos los factores que evitan someter a los cultivos a periodos de estrés, es posible que se logren cultivos que no presenten en todo su ciclo productivo problemas fitosanitarios graves.

Los 3 pasos que por orden se deben tener en cuenta para un buen manejo sanitario son:

Prever. Se debe prever los posibles ataques de plagas y enfermedades, cultivando en forma de policultivos, utilizando barreras biológicas, realizando una buena nutrición y manejo del agua, utilizando plantas atractivas de enemigos naturales, dejando una cierta cantidad de plantas y malezas susceptibles a las plagas y enfermedades.

Repeler y evitar reinfecciones. Usar cultivos repelentes y preparados cuando los problemas son importantes. La mayor parte de las plantas que no son atacadas por determinado patógeno pueden utilizarse como repelente de estos. También puede ser útil la aplicación de macerados o en algunos casos la infusión o extractos alcohólicos del propio organismo plaga.

Eliminar. Cuando los pasos anteriores no se han cumplido correctamente o hay algún factor externo que desregula el equilibrio del sistema, es posible que se necesite eliminar con pesticidas naturales.

Biofumigación

Es la combina los efectos de la solarización pero a diferencia de ésta, se incorporan al suelo, previo a la cobertura del mismo con polietileno, diferentes tipos de enmiendas y materiales orgánicos sin compostar (abonos verdes, estiércoles, restos de cultivos, residuos orgánicos de la industria, etc.), a razón de 5 a 10 kg por m² (según el material orgánico a incorporar). En este caso, además de la acción del sol, se produce otro fenómeno a partir de la acción de los microorganismos al descomponer la materia orgánica. Estos generan gran cantidad de sustancias químicas de origen natural (amonio, fenoles, sulfídrico y un importante número de sustancias volátiles y ácidos orgánicos) que actúan como controladores de los patógenos del suelo. También se considera que la incorporación de materia orgánica por sí misma, estimula el desarrollo de los microorganismos benéficos, disminuyendo las poblaciones de plagas.

Ventajas de la Biofumigación

Estimula el control biológico, ya que existe una amplia gama de organismos, bacterias, hongos y nematodos, depredadores de patógenos, mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo, Técnica de control muy interesante para quienes se dedican a la producción orgánica., Se desconocen efectos negativos sobre el medioambiente y la salud (Bello, 1998).

Plantas con propiedades nematocidas

La forma en que actúan las sustancias contenidas en las plantas sobre los agentes patógenos y los parásitos es muy variada. La mayoría de plantas utilizadas contienen aceites esenciales que son ligeramente volátiles y que despiden fuertes aromas típicos (Maturana, E.; Oteiza, P. 1988).

Algunos tipos de plantas, como es el caso del espárrago y la flor de muerto, son antagónicos a los nematodos ya que liberan ciertas sustancias en el suelo que son tóxicas para varios nematodos fitoparásitos y cuando se intercalan con cultivos susceptibles a estos patógenos, reducen el número de nematodos del suelo y de las raíces de las plantas de esos cultivos (Agrios, GN. 1991.).

Tagetes erecta L. Las flores son ricas en ésteres de xanthophilas. Tanto los pétalos y raíz contienen a-terthienil, por lo cual posee propiedades nematocidas (Chan, GFQ.; Towers, GHN.; Mitchell, JC. 1975). Las plantas están generalmente sembradas con verduras y otros cultivos de tal manera que la sustancia que producen las raíces inhibe la multiplicación de los nematodos de las agallas de la raíz (Swarup, G. ; Sharma, RD. 1967).

Crotalaria longirostrata Hook & Arn. Las hojas son ricas en calcio, hierro, tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico (Munsell, HE.; et al. 1950.) y regularmente son ricas en nitrógeno. Las semillas son tóxicas. Las raíces son mezcladas con harina de maíz y puestas en el campo, como veneno nocivo para animales (Swarup, G.; Sharma, RD. 1967).

Diversos investigadores han observado que especies de *Tagetes* y otras Asteráceas causan un efecto supresor de poblaciones de nematodos de los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus* que atacan diversos tipos de cultivos. Se ha encontrado que productos naturales con estructuras tiofénicas y poliacetilénicas son los responsables de dicha actividad, tanto a nivel de campo como en pruebas in vitro. Debido a que es aparentemente factible eliminar el 80 al 90% de los nematodos parásitos con productos naturales fácilmente biodegradables obtenidas de especies Asteráceas, hemos realizado un bioensayo a fin de determinar la actividad nematocida de un

ditiopolino (tiarubrina A) aislado de diversas especies de Asteráceas, frente al segundo estadio larvario de *Meloidogyne incógnita*, tanto en presencia de luz UV-A (Ultra violeta) como la oscuridad. Resultados preliminares indican que este compuesto posee una potente actividad nematocida a la concentración de 10 ppm (López Bazochi, I. ;ESTEVEZ BRAUN, A. 1992.).

Los experimentos para el control del nematodo dorado *Globodera rostochiensis*, aplicando a los suelos el aceite de mostaza absorbido en turba, demostraron aumentos de importancia en el rendimiento de las patatas (1979).

Slotweg (1956.) descubrió que el cultivo de la caléndula africana (*Tagetes erecta* L.), reducía tanto la gravedad de la pudrición de la raíz en la siguiente cosecha de narcisos, que duplicó el rendimiento de bulbos. Parece que la mejoría se debió a una reducción en la población de *Pratylenchus* existentes en el suelo, principalmente *P. Penetans*.

Rohde y Jenkins (1958), observaron que el *Asparagus officinalis* L. no soporta poblaciones de *Trichodorus christiei* por más de 40 a 50 días. Los nematodos no se alimentan de las raíces de las plantas después de que habían pasado de la etapa de retoño y la población declino rápidamente cuando las plantas formaron raíces suculentas.

La caléndula francesa, cuando se cultiva en suelos infestados con nematodos productores de lesiones *Pratylenchus* spp. suprime en su totalidad a esos nematodos y reduce el número de los que se encuentran en las raíces de plantas huéspedes susceptibles. La caléndula africana se comporta de forma similar. También fue suprimida la población de un nematodo inhibidor del Crecimiento *Tylenchorhynchus dubius*, pero no fueron afectadas poblaciones del nematodo en espiral *Rotylenchus robustus* y ciertas otras del género Tylenchida. En las exudaciones de estas plantas se identificaron tres compuestos de un tipo de a-terthienyl que son tóxicos a los nematodos (Academia Nacional de Ciencias, MX. 1992.).

CONCLUSIÓN

La misión fundamental de la agricultura es y seguirá siendo la producción de materias primas y alimentos en cantidad y calidad suficiente para atender las necesidades de la población mundial en constante aumento. Sin embargo, cada vez es más necesario que la agricultura encuentre un punto de equilibrio entre la productividad y la sostenibilidad. En el futuro inmediato, la agricultura deberá desarrollar los mecanismos de equilibrio entre los muy diversos factores físicos, químicos, biológicos, sociales y ambientales que convergen en la finca. Es necesario fundamentar una cultura adecuada en todos los niveles de la sociedad para que los nuevos especialistas en agricultura orgánica desarrollen paquetes tecnológicos de manejo de plagas que sean capaces de controlar la incidencia de las plagas en niveles en que los bienes del hombre no sufran daños, pero que permitan al sistema mantener un estado ambientalmente saludable.

El reto para los especialistas en manejo de plagas es probablemente el más difícil de resolver en agricultura orgánica. El ser humano tiene ante sí otra oportunidad de demostrar su capacidad de ingenio y creatividad para sostenerse como parte del ecosistema del planeta. Debemos aprender a administrar los recursos disponibles en bienestar no solo de la generación presente sino de las futuras, principalmente aquellas en las que hemos sido más beneficiados como en el caso de las innumerables especies vegetales con potencial repelente o insecticida. Asimismo debemos aprovechar la guerra.

Interna que se desarrolla en la clase Insecta, encontrar y desarrollar los enemigos naturales de las plagas que amenazan los cultivos. Hasta el momento el hombre ha sido capaz de defenderse de sus enemigos naturales para permanecer sobre la faz de la tierra, la utilización de técnicas limpias como la agricultura orgánica son probablemente la mejor alternativa para superar las condiciones actuales. (Pintor 2009).

BIBLIOGRAFIA

Agrios, G.H 1986. Fitopatología, 1ª Edición, Editorial LIMUSA, México D.F 736 p.

Agustín, M. 2003. Citricultura, 2ª Edición, México Ediciones Mundi-Prensa, 287 p.

Alonso Arce, F, 2002. El cultivo de la papa 2ª edición, México Ediciones Mundi-Prensa, 213 p.

Alonso Escobedo, José, Nematología general.- primera edición, Escuela Superior de Agricultura y Zootecnia, 87 p.

Anaya Rosales, Socorro, 1999. Hortalizas Plagas y Enfermedades, México Trilla 67, 76 p.

Ávila, Jorge, 1987. Enfermedades del Frijol, México Trilla (reimpresión 1997), 89 p.

Bautista Martínez, Néstor, Alvarado López, Jorge, Producción de Jitomate en Invernadero, Colegio de Posgraduados, 217p.

Brodie, B. B. 1984. Nematode Parasites of Potato, In; Nickle, W. r (Editorial) Plant and Insect Nematodes. Marcel Dekker, New York, U.S.A. p166.

Cepeda Siller, Melchor, 1985, Practicas de nematología Agrícola. — México Trillas: Nematología agrícola pag.89

Cepeda Siller, Melchor, 2001. Nematodos de los Frutales., Editorial México trillas pag 76

Cepeda Siller, Melchor. 1996. Nematología agrícola 1ª edición. Editorial Trillas. México. pp. 127-137

Cepeda, S. M. 1986. Control cultural, genético, legal y biológico de nematodos parásitos de plantas. Boletín No. 34 UAAAN. Buenavista, Saltillo Coahuila. México. Pag. 34.

Cepeda, Siller, Melchor, 2003. La papa el fruto de la tierra, Editorial Trillas México, 144p.

G. Ilácer, M. M López, 2000. Patología Vegetal Tomo II, Sociedad Española de Fitopatología, edición Grupo Mundi- Prensa, 1063 p.

Hernández, R. S 1987 Identificación y Distribución del Nematodo Agallador *Meloidogyne* spp. En el Cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum*) en navidad, Nuevo León. Tesis de maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p 71.

Jatala, P. 1986. Nematodos Parásitos de la Papa. 2ª Edición, Centro Internacional de la Papa (CIP). Boletín de Información Técnica 8, Lima, Perú, 19 p.

L. de Bauer Ma. De Lourdes, Fitopatología, Colegio de Posgraduados, edición Noriega Limusa 1991, 117 p.

Montesino, Emilio, Enfermedades de los Frutales de Pepita y de Hueso.- España Ediciones Mundi-Prensa 2000, 101 p.

Nuria Duran, Vila, Pedro Moreno, 2000. Enfermedades de los Cítricos "Monografía de la Sociedad de Fitopatología N°2", edición Mundi-Prensa, 21 p.

P. Roussel, Y. Robert, 1999. La Patata, Producción, Mejora, Plagas y Enfermedades, México Edición Mundi-Prensa, 170 p.

Ramírez Rodríguez, Homero, Cepeda Siller, Melchor, 1993. El Manzano, Editorial Trilla México, UAAAN 135 p.

Pagina web.

www.avocadosource.com/books/CisnerosFausto1995/CPA_11_PG_258-264.pdf

http://books.google.com.mx/books?id=MT3b54tBHckC&pg=PA200&lpg=PA200&dq=pol.aldehidos&source=bl&ots=iR2-cdxzDs&sig=c_B4NWhiZ6pHvMU_Z2i1oNx1ts0&hl=es&ei=hIK6SuzxGpDgtgOkOMan&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q=pol.aldehidos&f=false

<http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Coumestrol&ei=kVe6SruvAoigsgOOrfkp&sa=X&oi=translate&resnum=1&ct=result&prev=/search%3Fq%3Dcoumestrol%26hl%3Des>

<http://www.nodo50.org/tortuga/Nemagon-la-muerte-quimica-en>

<http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.dowagro.com/usag/prod/048.htm&ei=CIHCSpnwCY-asgPI8rjUAQ&sa=X&oi=translate&resnum=2&ct=result&prev=/search%3Fq%3Dtelone%26hl%3Des>

<http://bioversity.catie.ac.cr/calidadsuelos/docs/Tesis/A1654E.pdf>

http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/id/Ne macur_BCS

[http://www22.sede.embrapa.br/snt/piue/Produ%E7%E3o%20Integrada%20na%20Uni%E3o%20Europ%E9ia/G\)%20Normas%20Tecnicas%20%20PI%20U E/G4\)%20Prote%E7%E3o%20%20Integrada/G4.4\)%20Control%20Legal%20 e%20Fito/Control%20Legal.pdf](http://www22.sede.embrapa.br/snt/piue/Produ%E7%E3o%20Integrada%20na%20Uni%E3o%20Europ%E9ia/G)%20Normas%20Tecnicas%20%20PI%20U E/G4)%20Prote%E7%E3o%20%20Integrada/G4.4)%20Control%20Legal%20 e%20Fito/Control%20Legal.pdf)

http://www.amvac.com.mx/web/index2.php?option=com_docman&task=doc_v iew&gid=37&Itemid=32

http://musalit.inibap.org/pdf/IN050654_es.pdf

http://www.agroislena.com/productos_deta1.php?id=8

<http://www.horticom.com/empresas/ficha.php?vista=2&idProducto=7637&idE mpresa=4084>

<http://www.sifatec.com.mx/Productos/01Insecticidas/02Cufuran.html>

<http://grad.uprm.edu/tesis/santiagoogonzalez.pdf>

<http://grad.uprm.edu/tesis/rosadoarroyo.pdf>

<http://www.protecnet.go.cr/importaciones/NEMATODO%20DE%20LA%20PUDRIFICION%20DE%20LA%20PAPA%20Ditylenchus%20destructor.pdf>

<http://www.slhfarm.com/variedades.html>

http://images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.reluita.org/old/separatas/huerta/rotacion%25201ch.JPG&imgrefurl=http://www.reluita.org/old/separatas/huerta/rotacion.htm&usq=__I6lhZWeoFXSurJnpld7hepC4go=&h=251&w=400&sz=27&hl=es&start=3&um=1&tbnid=KI00idjHzjxKM:&tbnh=78&tbnw=124&prev=/images%3Fq%3Drotacion%2Bde%2Bcultivos%26hl%3Des%26um%3D1

http://www.inta.gov.ar/bellavista/info/indices/alfabetico/opq/pasteuria_penetrans.htm

<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1654E/A1654E.PDF>

<http://www.cinvestav.mx/Portals/0/Publicaciones%20y%20Noticias/Revistas/Avance%20y%20perspectiva/sepoct02/7%20GUERRAINSECTOS.pdf>

http://www.sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_28/B28-037-141.pdf

[http://cni.inta.gov.ar/helminto/pdf%20alternativos/HONGOS%20NEMAT%3%93FAGOS%20\(Saumell\).pdf](http://cni.inta.gov.ar/helminto/pdf%20alternativos/HONGOS%20NEMAT%3%93FAGOS%20(Saumell).pdf)

<http://agronomia.uchile.cl/centros/nematologia/resumenpresentacionmateriaorganica.pdf>

http://www.avocadosource.com/books/CisnerosFausto1995/CPA_6_PG_84-88.pdf

http://www.controlbiologico.com/bp_lilacinol.htm

http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.biological-research.com/philip-jacobs%2520BRIC/palila.htm&ei=vCwLS4rtNl_SsQPwjsk9&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=15&ved=0CDwQ7gEwDg&prev=/search%3Fq%3Dpaecilomyces%2Blilacinus%26hl%3Des%26rlz%3D1R2GGLL_en

http://www.eraecologica.org/revista_16/era_agricola_16.htm?abonos_verdes.htm~mainFrame

http://vinculando.org/mercado/manejo_certificacion_y_comercializacion.html

http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/manejo_plagas.pdf

<http://www.ciencia-ahora.cl/Revista17/07ControlOrganicoDeGranos.pdf>

<http://www.globalorganicsec.com/bananotas.doc>

<http://www.inta.gov.ar/bellavista/info/documentos/hortalizas/HD%2027.pdf>

<http://www1.unne.edu.ar/cyt/2002/05-Agrarias/A-064.pdf>

<http://www.agroquimicoscespedes.com/documentos/QUAREX.pdf>

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2062.pdf

http://bvs.sld.cu/revistas/pla/vol8_3_03/pla09303.htm

<http://www.ccma.csic.es/dpts/controlint/BIOPLAGAS/Documentos/posterGOOD.pdf>

<http://www.colprocah.com/docsPDF/Secciones/ManejoPlaguicidas.pdf>

<http://www.papaslatinas.org/v2n1p77.pdf>

http://www.agrobio.org/index.php?option=com_content&task=view&id=7311