



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA.

**EVALUACIÓN DE NEMATICIDAS PARA EL CONTROL DE
Nacobbus aberrans EN ESPINACA (*Spinacia oleracea* L.)**



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
**MAESTRO EN CIENCIAS EN
PROTECCIÓN VEGETAL**

PRESENTA:

LUIS FERNANDO DURÁN MEANA

Diciembre de 1997

Chapingo, Estado de México



EVALUACIÓN DE NEMATICIDAS PARA EL CONTROL DE *Nacobbus*

***aberrans* EN ESPINACA (*Spinacia oleracea* L.)**

Tesis realizada por **Luis Fernando Durán Meana** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR:



M.C. CALIXTO L. CARRILLO FONSECA

ASESOR:



M.C. LUIS EMILIO CASTILLO MÁRQUEZ

ASESOR:



M.C. ANTONIO SEGURA MIRANDA

EVALUACIÓN DE NEMATICIDAS PARA EL CONTROL DE *Nacobbus*

aberrans EN ESPINACA (*Spinacia oleracea* L.)

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Luis Fernando Durán Meana**, autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal estuvo constituido por:

PRESIDENTE: 
M.C. CALIXTO L. CARRILLO FONSECA

ASESOR: 
M.C. LUIS EMILIO CASTILLO MÁRQUEZ

ASESOR: 
M.C. ANTONIO SEGURA MIRANDA

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, por las facilidades proporcionadas para poder realizar mis estudios de Maestría.

Al M.C. Calixto L. Carrillo Fonseca, agradezco sinceramente su apoyo, enseñanzas y asesoría en el presente trabajo, así como también la amistad brindada a mi persona en el transcurso de mi estadía en la Universidad.

A los M.C. Luis Emilio Castillo Márquez y Antonio Segura Miranda, por la colaboración brindada y revisión que realizaron al presente informe.

A mis compañeras Priscilia O. Cruz Carrada y Fabiola Apodaca Sam, mi agradecimiento y buenos augurios en su vida profesional después de haber compartido dos años de estudio y amistad.

A la Organización de los Estados Americanos (OEA), puesto que sin el financiamiento otorgado no me hubiera sido posible realizar mi Maestría.

A las Secretarías de la Coordinación de Postgrado en Protección Vegetal, Mariana Calzada Millán y Virginia Moreno Sánchez, quienes me brindaron su apoyo y amistad durante mis estudios de posgrado.

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Medardo Durán y Graciela Meana de Durán, de quienes siempre he recibido apoyo, amor y confianza; en especial a ellos dedico mi esfuerzo.

A mis hermanos , Juan Carlos y Raúl Arturo por el apoyo y cariño que siempre ha existido entre nosotros. También a mis sobrinos Juan Carlos y Marcela, con mucho cariño.

A toda mi familia en México, especialmente al Dr. Héctor M. Pérez Meana y M.C. Mariko Nakano Miyatake; también al Arq. Jorge A. Pérez Meana y Lic. Patricia Durán por el buen trato, cariño y apoyo durante mi estadía en México.

CONTENIDO

Pág.

LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I.-INTRODUCCIÓN.....	1
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1- La espinaca (<i>Spinacia oleracea</i> L.)	4
2.1.1- Origen e historia.....	4
2.1.2- Descripción botánica.....	4
2.1.3- Importancia y requerimientos del cultivo	4
2.1.4- Plagas y enfermedades.....	5
2.2- El nematodo falso agallador (<i>Nacobbus aberrans</i>) Thorne & Allen, 1944.....	6
2.2.1- Origen e historia.....	6
2.2.2- Clasificación taxonómica.....	8
2.2.3- Descripción	8
2.2.3.1- Hembras maduras.....	8
2.2.3.2- Hembras inmaduras	8
2.2.3.3- Machos.....	9
2.2.3.4- Larvas de segundo instar.....	9
2.2.4- Distribución y gama de hospedantes	9
2.2.5- Biología y ciclo de vida.....	13
2.2.6- Sintomatología y daños asociados.....	15
2.3- Control	18
2.3.1- Resistencia.....	18
2.3.2- Control biológico.....	19
2.3.3- Control cultural.....	19
2.3.3.1- Rotación de cultivos.....	19
2.3.3.2- Plantas antagónicas	20
2.3.3.3- Abonos orgánicos.....	20
2.3.3.4- Control de malezas hospedantes	21
2.3.4- Control químico.....	21
2.3.4.1- Nematicidas fumigantes.....	23

2.3.4.2- Nematicidas no fumigantes.....	25
a) Nematicidas organofosforados.....	27
a.1) Fostiazato	28
b) Nematicidas carbamatos	34
b.1) Aldicarb.....	34
b.2) Carbofuran	35
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1- Ubicación del ensayo	39
3.2- Diseño experimental	39
3.2.1- Diseño utilizado.....	39
3.2.2- Modelo lineal.....	40
3.2.3- Tratamientos.....	40
3.2.4- Material experimental.....	40
3.2.5- Variables respuesta.....	41
3.2.6- Análisis de los datos	41
3.3- Procedimiento	42
3.3.1- Establecimiento del ensayo	42
3.3.2- Prácticas agronómicas y fitosanitarias.....	43
3.3.3- Manejo de nematodos.....	43
3.3.3.1- Muestreo	43
3.3.3.2- Extracción	44
3.3.3.3- Conteos	44
3.3.4- Evaluación de agallamiento y componentes de rendimiento del material experimental	44
3.3.4.1- Población de hembras dentro de las raíces.....	44
3.3.4.2- Peso y longitud de raíz.....	45
3.3.4.3- Agallamiento de las raíces	45
3.3.4.4- Rendimiento.....	45
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1- Sintomatología.....	46
4.2- Reconocimiento del agente causal	47
4.3- Población de <i>N. aberrans</i>	47
4.3.1- Población de machos	48
4.3.2- Población de hembras.....	48
4.3.3- Población de larvas.....	51
4.3.4- Población total	52
4.4- Efecto de tratamientos en el cultivo.....	53
4.4.1- Población de hembras dentro de las raíces	54
4.4.2- Peso de raíz.....	54
4.4.3- Longitud de raíz.....	55
4.4.4- Agallamiento de raíces	56
4.4.5- Rendimiento de espinaca.....	57

V.- CONCLUSIONES	61
VI.- RECOMENDACIONES	62
VII.- LITERATURA CITADA.....	63
VIII.- ANEXOS	69

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Pág.
Cuadro 1.- Tratamientos evaluados para el control de <i>N. aberrans</i> en espinaca. Chapingo, México. 1996.....	40
Cuadro 2.- Población de hembras de <i>N. aberrans</i> en parcelas de espinaca bajo diferentes tratamientos nematicidas. Chapingo, México. 1996	50
Cuadro 3.- Número de agallas causadas por <i>N. aberrans</i> en plantas de espinaca provenientes de parcelas tratadas con nematicidas. Chapingo, México. 1996.....	57
Cuadro 4.- Rendimiento en cosecha de parcelas de espinaca bajo diferentes tratamientos nematicidas. Chapingo, México. 1996	59

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pag.
Figura 1.- Fluctuación poblacional de machos de <i>N. aberrans</i> en parcelas de espinaca bajo diferentes tratamientos nematicidas. Chapingo, México.1996.....	49
Figura 2.- Fluctuación poblacional de hembras de <i>N. aberrans</i> en parcelas de espinaca bajo diferentes tratamientos nematicidas. Chapingo, México.1996.....	50
Figura 3.- Fluctuación poblacional de larvas <i>N. aberrans</i> en parcelas de espinaca bajo diferentes tratamientos nematicidas. Chapingo, México. 1996.....	52

Figura 4.- Fluctuación de la población total de <i>N. aberrans</i> en parcelas de espinaca bajo diferentes tratamientos nematicidas. Chapingo, México. 1996.....	53
Figura 5.- Peso seco promedio de raíz en parcelas de espinaca con tratamientos nematicidas. Chapingo, México. 1996.....	55
Figura 6.- Longitud de raíz promedio por planta en parcelas de espinaca con tratamientos nematicidas. Chapingo, México. 1996.	56

RESUMEN

Se evaluó el efecto de tres dosis del nematocida experimental granulado fostiazato 10% en el control de *N. aberrans* en espinaca, comparado con los nematocidas granulados aldicarb 15%, carbofuran 5% a dosis comerciales y un testigo sin tratar en un diseño de bloques completos al azar en parcelas experimentales de la Universidad Autónoma Chapingo, durante los meses de julio-septiembre de 1996. El fostiazato a 30kg ha⁻¹ incrementó significativamente el rendimiento en un 22% sobre el testigo y el carbofuran a 40kg ha⁻¹. El fostiazato a 20kg ha⁻¹ incrementó el rendimiento significativamente sobre el testigo en un 19%. Las variables peso y longitud de raíz, así como agallamiento no fueron afectadas por los tratamientos químicos.

La población del nematodo se redujo significativamente en la variable hembras preadultas por el fostiazato a 40kg ha⁻¹ comparado con el testigo. La población total fue mayor en el testigo aunque no a niveles estadísticamente diferentes.

PALABRAS CLAVE: fostiazato, *Nacobbus aberrans*, nematocidas, *Spinacia oleracea* L.

ABSTRACT

Nematicidal efficacy of fosthiazate 10% granular at three rates was evaluated for control of false root-knot nematode (*Nacobbus aberrans*) on spinach. Commercially registered granular nematicides aldicarb 15%, carbofuran 5% and an untreated control were also evaluated. The trial was established in a naturally infested experimental field at the Universidad Autonoma Chapingo. The plots were arranged in a randomized complete block design with four replications. Fosthiazate at 30kg ha⁻¹ significantly increased yield in a 22% over the untreated control and carbofuran 5%. Fosthiazate at 20kg ha⁻¹ significantly increased yield compared with the control in a 19%. Root weight, root length and root galling were not significantly reduced by any treatment.

Nematode densities were only reduced in female population by fosthiazate at 40kg ha⁻¹ above that of the control. Although total population was greater in the control, this was not significantly different than any other treatment.

KEY WORDS: fosthiazate, *Nacobbus aberrans*, nematicides, *Spinacia oleracea* L.

I.-INTRODUCCIÓN

Los nematodos constituyen uno de los grupos más importantes de organismos que habitan en las raíces de las plantas y que frecuentemente juegan un papel vital en el crecimiento y producción de las mismas. Es raro aquel cultivo que se encuentre libre del ataque por nematodos, ya sea en los jardines, cultivos o invernaderos (Thorne, 1961). Dentro de estos fitonematodos se encuentra el género *Nacobbus* spp., el cual es llamado nematodo falso agallador por la semejanza que tiene con el género *Meloidogyne* spp., en cuanto a la formación de agallas en las raíces, con el cual es en ocasiones confundido; aunque *Nacobbus* spp. produce agallas de menor tamaño y en forma semejante a las cuentas de un rosario, por lo que puede ser diferenciado de *Meloidogyne* spp. al examinar las raíces durante la estación del cultivo (Netscher y Sikora, 1990). *Nacobbus* spp. históricamente fue reportado por primera vez por Cobb en Colorado, Estados Unidos, en 1918; aunque en sus ilustraciones supuso que se trataba de machos y larvas de *Heterodera schachtii*. Fue Thorne en 1935 quien describió por primera vez las especies de *Nacobbus* spp. a partir de muestras colectadas de plantas nativas de *Atriplex confertifolia* en las laderas desérticas de la zona oeste del lago de Utah, en Utah, Estados Unidos (Jatala, 1985).

Este nematodo tiene una amplia gama de hospedantes que incluye cultivos de importancia económica como son: remolacha, espinaca, mostaza, col, col de bruselas, col china, rábano, nabo, lechuga, calabaza, pepino, tomate, berenjena, guisante de olor, zanahoria, chile y papa (Christie, 1970; Netscher y Sikora, 1990; Toledo *et al.*, 1993).

N. aberrans es un importante fitopatógeno en México (Netscher y Sikora, 1990), reportado en Chile (Brunner de Magar, 1967; Equihua, 1977), papa (Marbán *et al.*, s.f.a; Molina, 1995; Toledo *et al.*, 1993), frijol (Sosa *et al.*, s.f.; Toledo *et al.*, 1993), acelga (Marbán *et al.*, s.f.a; Toledo *et al.*, 1993), calabacita (Toledo *et al.*, 1993), rábano (Marbán *et al.*, s.f.a), tomate (Franco y Marbán, 1983; Jara *et al.*, 1990; Marbán *et al.*, s.f.a; Marbán *et al.*, s.f.b; Sosa *et al.*, s.f.; Toledo *et al.*, 1993) y espinaca (Caballero y Mondragón, 1987), en la región de Chapingo, entre otros cultivos y regiones. De estos cultivos, la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) es, dentro de la familia de las quenopodiáceas, la de mayor importancia económica en México; es una hortaliza que se consume en forma cocida, pero también se puede industrializar o enlatar, posee un alto valor nutritivo en cuanto a vitamina A y ácido ascórbico (Valadez, 1994).

Los nematicidas son sustancias químicas que poseen un amplio espectro de actividad biológica y que se emplean para controlar nematodos fitopatógenos. En la actualidad, se considera que los nematicidas comparten aproximadamente del 5 al 7% del mercado mundial de plaguicidas, volúmenes cuyo valor es el del orden de varios cientos de millones de dólares por año (Marbán, 1985).

Para el control de *Nacobbus* spp. se ha utilizado, entre otras prácticas, la aplicación de nematicidas comúnmente empleados para el control de *Meloidogyne* spp. con resultados muy variados. Se puede aplicar nematicidas tanto fumigantes como no fumigantes; dentro de estos últimos se encuentran los nematicidas aplicados al suelo en forma granulada, pudiendo ser del grupo de los carbamatos (aldicarb y carbofuran), o los organofosforados (fenamifos, fostiazato), entre otros (Netscher y Sikora, 1990). De estos productos mencionados, el de más reciente elaboración es el fostiazato; no habiéndose

probado hasta la fecha en la región de Chapingo a nivel de campo, se planteó el presente trabajo con los siguientes objetivos:

1- Evaluar tres dosis del nematocida fostiazato para el control de *N. aberrans* a nivel de campo y conocer sus efectos en los componentes de rendimiento en el cultivo de espinaca en la zona de Chapingo, México.

2- Comparar el efecto de las tres dosis de fostiazato con las de dos nematocidas probados comercialmente y de más frecuente uso como son el aldicarb y carbofuran, para el control del nematodo *N. aberrans* en el cultivo de espinaca.

II.-REVISIÓN DE LITERATURA

2.1- La espinaca (*Spinacia oleracea* L.)

2.1.1- Origen e historia

La espinaca es originaria de Asia Central, se empezó a aprovechar en China en el siglo VII; fue cultivada en Rusia hace 2,000 años y en 1806 fue introducida a los Estados Unidos (Valadez, 1994).

2.1.2- Descripción botánica

La espinaca es una planta anual, pertenece a la familia Chenopodiaceae; su raíz puede llegar a medir 1.8 m y 30 cm de ancho. El tallo es corto y rudimentario, llegando a medir de 0.5 a 1 cm. Las hojas, que son la parte comestible, son lisas, acorazonadas y de color verde, y crecen en forma de roseta o ramillete (Valadez, 1994).

2.1.3- Importancia y requerimientos del cultivo

Dentro de las hortalizas de hoja, se encuentra la espinaca, que se consume en forma cocida, pero también se puede industrializar o enlatar. En México, dentro de la familia de las quenopodiáceas, es la que tiene mayor importancia económica (Valadez, 1994); es muy rica en vitamina A y ácido ascórbico (Anexo 1). La planta de espinaca es una hortaliza de clima templado, puede tolerar heladas. El rango de temperatura para su germinación es de 10 a 15°C y puede llegar a emerger a los 8-10 días. La temperatura adecuada para el desarrollo de esta hortaliza es de 16 a 18°C.

En lo referente a textura de suelos, prefiere los suelos arcillo-arenosos, aunque se puede explotar en cualquier tipo de suelo. Las variedades existentes en México son pocas, siendo la mas explotada la Virofly por su adaptación a las condiciones climáticas y de suelo de las zonas agrícolas del país. En México, la cosecha se realiza manualmente, cortando toda la planta, que se comercializa en manojos para el mercado fresco. El indicador de cosecha más común es el tiempo, que por lo general es de 45 a 50 días después de la siembra (Valadez, 1994).

Durante el año de 1995 en México, la espinaca se explotó en los estados de Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Distrito Federal, Guanajuato, México, Puebla, Sonora y Tlaxcala; se sembraron un total de 1,090 hectáreas y se produjeron un total de 13,085 toneladas. El rendimiento promedio nacional fue de 12.049 ton ha⁻¹. En la zona aledaña a Chapingo (D.F. y Edo. de México) se sembró un área de 463 has, lo que equivale al 42.5% del área total nacional y se produjeron 5,928 toneladas lo que significa el 45.3% de la producción nacional (SAGAR, 1995).

2.1.4- Plagas y enfermedades

La espinaca presenta problemas marcados de insectos plaga, principalmente en estado de plántula (primeros 15 días después de emergencia), sobre todo de pulga saltona (*Chaetocnema confinis* Crotch.) y diabrotica (*Diabrotica* spp.); en menor importancia figuran los pulgones (*Brevicoryne* spp.) y el minador de la hoja (*Pegomya hyoscyanii*) cuando la planta está en estado adulto. En cuanto a enfermedades los problemas prioritarios son la cenicilla vellosa (*Peronospora effusa* Grev. ex Desm.) y la mancha de la hoja (*Cercospora beticola* Sacc.), (Valadez, 1994).

Aparte de los problemas antes mencionados, la espinaca es atacada por un nematodo agallador llamado *Nacobbus aberrans*, según lo reporta Caballero y Mondragón (1987), quienes lo estudiaron en este cultivo al hacer evaluaciones con fechas de siembra, variedades e histopatología, utilizando las variedades Virofly, Califly e Híbrido #7 en Chapingo. Otros autores que mencionan a espinaca como hospedante de este nematodo son Christie (1970) y Marbán-Mendoza *et al.* (s.f.a).

2.2- El nematodo falso agallador (*Nacobbus aberrans* Thorne & Allen, 1944)

2.2.1- Origen e historia

Históricamente, fue Cobb en 1918 en reportar la presencia de *Nacobbus* en el estado de Colorado, EE.UU., al ilustrar machos y larvas provenientes de remolacha (*Beta vulgaris*); él consideró que se trataba de la especie *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 (Brodie, 1984; Jatala, 1985; Sher, 1970; Toledo *et al.*, 1993); aunque las ilustraciones claramente indican que se trataba del género *Nacobbus* (Sher, 1970). Las primeras especies de este género fueron descritas como *Anguillulina aberrans* Thorne, 1935, provenientes de una planta nativa (*Atriplex confertifolia*), colectada de las laderas desérticas del lago Utah, en Utah, EE.UU., en 1927 (Jatala, 1985; Sher, 1970). Thorne y Allen (1944), citados por Sher (1970), proponen al género *Nacobbus* basándose en el dimorfismo sexual, las glándulas esofágicas sobrepuestas dorsalmente al intestino y las agallas o hinchamientos producidos en las plantas hospedantes. La especie *N. dorsalis* Thorne & Allen, 1944, fue designada como especie tipo (Sher, 1970).

Otra especie descrita fue *N. batatiformis*, en 1956 por Thorne y Schuster, citados por Sher (1970). Estos individuos descritos provenían de remolacha cultivada en el estado de Nebraska, EE.UU. Mas tarde Caveness, citado por Jatala (1985) y Sher (1970), reportó la distribución de *N. batatiformis* en 14 condados de seis estados del oeste de los Estados Unidos; Johnson y Thorne, citados por Jatala (1985) , reportaron especies no identificadas de *Nacobbus* que parasitaban espinaca en Texas.

El primer reporte de *Nacobbus* fuera de los Estados Unidos fue hecho por Franklin (1959), quien describió una nueva especie en Inglaterra: *N. serendipiticus* Franklin, 1959. Esta especie, que producía agallas características en las raíces laterales, fue encontrada en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*), en un invernadero.

N. serendipiticus bolivianus fue descrito por Lordello, Zamith y Boock en 1961, citados por Sher (1970). Se obtuvo de plantas de papa (*Solanum andigenum*) colectadas del valle de Cochabamba, en Bolivia, a una altitud de 3,200 msnm.

Sher (1970), al hacer la revisión del género *Nacobbus*, no observó diferencias morfológicas entre las especies *N. aberrans*, *N. batatiformis*, *N. serendipiticus*, y *N. serendipiticus bolivianus* considerándolas sinónimos. Propone solamente dos especies: *N. aberrans* y *N. dorsalis* distinguiéndolas por poseer el primero de 15-24 anillos entre la vulva y el ano, una vulva ubicada ligeramente en una posición superior y por la característica en las hembras maduras de poseer huevecillos solamente en la región posterior del cuerpo a diferencia de *N. dorsalis* que los posee en casi toda la región posterior del cuerpo.

2.2.2- Clasificación taxonómica

De acuerdo con Maggenti *et al.*(1987) la clasificación taxonómica de *N. aberrans* es la siguiente:

Orden: Tylenchida

Suborden: Tylenchina

Superfamilia: Tylenchoidea

Familia: Pratylenchidae

Subfamilia: Nacobbinae

Género: *Nacobbus*

2.2.3- Descripción

2.2.3.1.-Hembras maduras. Color blanco cremoso, cuerpo hinchado, típicamente ovalado. Esqueleto cefálico bien desarrollado; 3-4 anillos. Estilete delgado con nódulos basales pequeños y redondeados. Bulbo medio y esófago fuertemente desarrollados, glándulas esofágicas sobrepuestas dorsalmente al intestino. En la hembra totalmente madura, un ovario enrollado y que se extiende hasta el bulbo medio ocupando la mayoría del volumen del cuerpo. Huevecillos visibles solamente en la parte posterior del cuerpo. Vulva y ano posteriormente subterminales (Stone y Burrows, 1985).

2.2.3.2.- Hembras inmaduras. Vermiformes, con cola redondeada y de 10-17 anillos de longitud. Campo lateral con 4 incisuras, incompletamente aereolado. Cabeza baja con 3-4 anillos, esqueleto cefálico hexarradiado. Estilete robusto con nódulos basales redondeados. Bulbo medio bien desarrollados con válvula conspicua. Glándulas esofágicas sobrepuestas dorsalmente al intestino. Vulva localizada aproximadamente a

35 anillos de la cola. Fasmidias localizadas en la cola, posterior al ano (Stone y Burrows, 1985).

2.2.3.3 Machos. Similares a las hembras inmaduras, excepto por el dimorfismo sexual. Cuerpo vermiforme; cola corta, igual en longitud a la anchura del cuerpo en la región anal, con bursa envolvente que nace ligeramente por detrás de las cabezas de las espículas. Fasmidias localizadas en la bursa. Cutícula regularmente anillada. Campo lateral con 4 incisuras. Cabeza baja con 4 anillos. Esqueleto cefálico hexarradiado, cápsula cefálica fuertemente esclerosada. Estilete con nódulos basales fuertes y proyectados anteriormente. Bulbo medio prominente. Glándulas esofágicas sobrepuestas al intestino dorsalmente. Hemizonoide localizado adyacente al poro excretor. Espículas típicamente tilencoides, gubernáculo simple (Stone y Burrows, 1985).

2.2.3.4.- Larvas de segundo instar. Cuerpo vermiforme con cutícula regularmente anillada, 4 incisuras en el campo lateral. Región anterior parecida a una larva de *Pratylenchus*. Esqueleto cefálico hexarradiado y fuertemente esclerosado. Cabeza sobresaliente con 3 anillos. Estilete robusto con nódulos basales redondeados. Bulbo medio bien desarrollado. Hemizonoide localizado ventralmente, posterior al bulbo medio. Fasmidias pequeñas, localizadas a la mitad de la longitud de la cola redondeada (Stone y Burrows, 1985).

2.2.4- Distribución y gama de hospedantes

N. aberrans se encuentra distribuido en los países siguientes: Chile, Bolivia, Ecuador, Argentina, Perú, México, Inglaterra, Holanda, India, Rusia y Estados Unidos,

(Brodie, 1984; Stone y Burrows, 1985). Aparentemente este nematodo es nativo de las regiones andinas de Perú y Bolivia, especialmente de las zonas que circundan el lago Titicaca, ya que son muchas y diversas las formas y razas del nematodo en estas áreas (Jatala, 1985).

En cuanto a la gama de hospedantes, *N. aberrans* ha sido reportado en diversos países atacando cultivos importantes así como malezas que sirven de reservorios naturales entre ciclos de cultivo. Presenta cierta preferencia por miembros de la familia Solanaceae (Inserra, 1983; Jatala, 1985), como lo son la papa, cultivo en el cual se considera una seria plaga en las zonas productoras de Perú y Bolivia (Brodie, 1984; Doucet *et al.*, 1994; González *et al.*, 1991; Mai *et al.*, 1981;), tomate, chile (*Capsicum frutescens*), berenjena (*Solanum melongena*) y pepino (*Cucumis sativus*); pero también ataca a miembros de otras familias como son la Cactaceae, Chenopodiaceae, Cruciferae, Zygophyllaceae, Cucurbitaceae, Leguminosae y Umbelliferae, dentro de las cuales se encuentran cultivos económicamente importantes como: remolacha, mostaza (*Brassica nigra*), col (*Brassica oleracea* v. *capitata*), col de bruselas (*B. oleracea* v. *gemmifera*), rábano (*Raphanus sativus*), espinaca, lechuga (*Lactuca sativa*), zanahoria (*Daucus carota*), chícharo (*Pisum sativum*) y calabaza (*Cucurbita pepo*) (Christie, 1970, Netscher y Sikora, 1990; Stone y Burrows, 1985).

Con relación a malezas hospedantes, Cutipa *et al* (1975), mencionan que *N. aberrans* fue encontrado en raíces de *Chenopodium quinoa*, *C. album*, *Calandrinia* sp., *Ullucus tuberosus*, *Brassica campestris*, y *Tagetis mandoni*. Además Doucet *et al.* (1994) encontraron en la maleza *Spergula arvensis* un buen hospedante de *N. aberrans*. Estos autores mencionan la importancia de esta maleza como reservorio y medio de

diseminación del nematodo en el cultivo de papa, con el cual se encuentra frecuentemente asociada.

Con relación a la distribución y hospedantes en México, Brunner de Magar (1967) encontró por primera vez en Chile a *N. aberrans* en el campo experimental de Chapingo, Estado de México, reportándolo también en tomate var. Manalucie. Marbán-Mendoza *et al.* (s.f.a) indican a *N. aberrans* como parásito del cultivo de alegría (*Amaranthus hypocondriacus*) encontrando susceptibles al ataque de este nematodo a 6 cultivos por primera vez en el país: alegría, espinaca, acelga, tomate de cáscara, papa y rábano.

En el estado de Puebla, Zamudio y Marbán-Mendoza (1983), indican que *N. aberrans* se considera una fuerte plaga del tomate, especialmente en el valle de Valsequillo, donde antes de la aparición de este nematodo era una zona de alta producción y debido a este problema se encontraba casi abandonada la explotación del mencionado cultivo a esa fecha.

En un ensayo para estudiar las alteraciones causadas por *Meloidogyne incognita* en frijol y tomate, Sosa-Moss *et al.* (s.f) incluyeron a *N. aberrans* y mencionan que ambos nematodos causaron agallamiento en los dos cultivos. Caballero y Mondragón (1987), realizaron pruebas con diferentes fechas de siembra en espinaca, en la región de Chapingo y concluyeron que *N. aberrans* causó agallamiento en las tres variedades que estudiaron, estas fueron Virofly, Califly e Híbrido #7, recomendando Virofly para siembra en la zona de Chapingo por considerarla más tolerante que las otras dos al ataque de *N. aberrans*. En otro estado de México (Hidalgo), Jara *et al.* (1990) reportan a *N. aberrans* en tomate e hicieron un estudio de las malezas como posibles reservorios

del nematodo en dicha zona del país. Gómez (1991) también menciona a *N. aberrans* como un serio problema en tomate en el estado de Hidalgo.

Toledo *et al.* (1993) indican que este fitonematodo se ha encontrado, en México, en los estados de Puebla, México, Hidalgo, Zacatecas, Oaxaca, Guanajuato y Morelos; estos investigadores realizaron pruebas con el objetivo de detectar diferencias en la gama de hospedantes de cinco localidades de México. Utilizaron raíces agalladas por *N. aberrans* de las siguientes localidades: Cuautla (Morelos), Cholula (Puebla), Actopan (Hidalgo), Chapingo (México) y Ocampo (Guanajuato), inocularon el nematodo en diez especies vegetales: tomate cv. Rutgers, chile cv. Serrano, verdolaga (*Portulaca oleracea*), remolacha cv. Detroit, pepino cv. Poinset 76, rábano cv. Champion, acelga cv. Ford Hook, calabacita cv. Zucchini Grey, frijol (*Phaseolus vulgaris*) cv. Negro Querétaro y papa cv. Alpha. Basándose en que las razas de nematodos son diferenciadas sobre la base de genes de resistencia de distintas especies vegetales, propusieron la existencia de tres grupos diferentes dentro de las cinco poblaciones estudiadas, que podrían ser consideradas razas de la siguiente manera: Raza Na-1 a las poblaciones de Cuautla (Morelos), Actopan (Hidalgo) y Chapingo (México); Raza Na-2 a la de Cholula (Puebla); y Raza Na-3 a la de Ocampo (Guanajuato). Esto mismos autores afirman que, en base a las diferenciales utilizadas si el tomate presenta agallas y el frijol no, la población corresponderá a la raza Na-1; si el frijol y el tomate presentan agallas, será la raza Na-2; y si el frijol tiene agallas pero el tomate no, la población pertenecerá a la raza Na-3, argumentando que probablemente estén presentes más de tres razas en las poblaciones existentes en los suelos agrícolas de México.

2.2.5- Biología y ciclo de vida

Se ha determinado que *N. aberrans* es un nematodo que puede soportar temperaturas bajas y sobrevivir en el suelo en condiciones adversas de desecación y ausencia de hospedantes (González *et al.* 1991; Jatala y Kaltenbach, 1979). Se reporta que es un endoparásito sedentario del sistema radical (Christie, 1970) y aunque la mayoría de las veces inverna como huevecillo, se presentan algunos preadultos quiescentes que pueden sobrevivir e infectar las raíces del nuevo cultivo (Brodie, 1984). Asumiendo que la supervivencia es en forma de huevecillo, la primera muda ocurre dentro de este y las larvas de segundo instar emergen e invaden las raíces para iniciar el ciclo de vida (Brodie, 1984; Jatala, 1985; Stone y Burrows, 1985). Cuando empiezan a alimentarse, se mueven intracelularmente y las células apropiadas para su alimentación (cilindro central) incrementan primero su tamaño y enseguida inducen necrosis en las células corticales. La segunda muda se lleva a cabo dentro del sistema radical o en el suelo. Las larvas del tercer y cuarto instar son menos activas que las del segundo instar permaneciendo dentro de las raíces por períodos progresivamente más prolongados (Stone y Burrows, 1985). Posteriormente existen dos caminos a seguir: 1- salen de las raíces como preadultos o 2- siguen alimentándose, induciendo la formación de agallas hasta completar su ciclo de vida en las raíces (Jatala, 1985).

La separación sexual en las larvas puede realizarse al final del tercer instar larvario. Algunos de los preadultos que abandonan las raíces realizan su última muda y se convierten en activos machos y hembras. Las hembras jóvenes se movilizan hacia las raíces más grandes estableciéndose en posición apropiada; así, la cabeza se ubica cerca del cilindro central y las células adyacentes se agrandan, empezándose a desarrollar la agalla. A medida que esta se desarrolla, la parte posterior de las hembras se dirige hacia

la corteza causando una abertura en la superficie de la raíz, a través de la cual los huevecillos son descargados en una masa gelatinosa producida por la hembra. (Brodie, 1984; Jatala, 1985; Stone y Burrows, 1985). Dependiendo del hospedante, temperatura y raza del nematodo, su ciclo generacional se cumple entre los 25-50 días. Se reproduce mejor y sobrevive más entre los 20 y 26°C (Mai *et al.*, 1981).

Según Cid del Prado-Vera (1985) existen muchas variaciones en el ciclo biológico de *N. aberrans* debido a diferencias en temperatura, razas del nematodo e interacciones entre el parásito y el hospedante que aun no se encuentran bien estudiadas. Por ejemplo afirma que la temperatura afecta el porcentaje de eclosión de huevecillos, la proporción de machos y hembras y, en general, el desarrollo del nematodo durante su ciclo de vida completo. Este autor menciona que el 80% de los huevecillos eclosiona a 25°C, 10-20% a 15°C y 1% a 5°C. A 30°C la proporción machos y hembras es de 8:1, mientras que a 25°C la proporción es de 1:1. Otro aspecto, según este autor, que no se encuentra comprobado, es el supuesto que los machos continúen alimentándose después de haber alcanzado la madurez y haber fecundado a la hembra.

En estudios realizados por Quimí (1981), se comprobó la variación en los ciclos de vida de poblaciones de *N. aberrans* procedentes de sitios diferentes. Este investigador reporta que en invernadero con temperatura mínima de 15°C y máxima de 25°C, una población procedente de Ecuador (E) completó el ciclo J2 a huevo en 60 días, mientras que a la población procedente de Inglaterra (B) le tomó 45 días. A 25°C la población (E) completó su ciclo en 35 días y la población (B) en 28 días.

Jatala y Kaltenbach (1979), llevaron a cabo un experimento con la finalidad de medir la resistencia de *N. aberrans* a la desecación. Mantuvieron una muestra de suelo fuertemente infestada durante un año con una humedad relativa de entre 7-9%.

Evaluaron periódicamente el estatus de la población de nematodos mediante bioensayos en tomate por extracción de nematodos filiformes y masas de huevecillos. Estos investigadores encontraron que *N. aberrans* soportó la desecación por 8 meses. Estudiaron también la supervivencia del nematodo bajo condiciones de heladas; las raíces y suelo infestados se mantuvieron en un congelador a -13°C; las larvas y hembras inmaduras sobrevivieron hasta por 4 meses.

2.2.6- Sintomatología y daños asociados

No existe un diagnóstico específico del daño causado por *N. aberrans* en las partes aéreas de las plantas. Estas presentan los mismos síntomas que sufrirían debido a un crecimiento radical pobre o de daños causados por otros agentes. Sin embargo las plantas infestadas por este nematodo disminuyen su crecimiento apical y tienden a marchitarse cuando hay deficiencia de humedad (Jatala, 1985). Las plantas atacadas usualmente, y dependiendo del patrón de dispersión del nematodo, se distribuyen en forma de parches, los cuales se agrandan a medida que avanza la infestación; las plantas comúnmente presentan signos de clorosis. Los signos obvios del ataque del nematodo pueden ser encontrados en las raíces, donde se presentan agallas, lo cual es un síntoma común en diversas especies de nematodos (Orr, 1986). Las agallas son similares a las producidas por *M. arenaria*, aunque ocurren en una forma parecida a las cuentas de un rosario, siendo esféricas y de tamaño variable dependiendo de la densidad poblacional del nematodo, raza de *Nacobbus* involucrada y tamaño de las raíces. Normalmente las agallas carecen de extensiones en las raíces laterales, resultando en un crecimiento radical fibroso y anormal (Brodie, 1984; Jatala, 1985). Las heridas y necrosis del tejido cortical interfieren con las funciones normales de la raíz, reduciendo la asimilación de

nutrientes y agua. Los hinchamientos de las raíces con hipertrofia de las células epidermales y corticales ocurren a los 5 días de la invasión. El establecimiento de un sitio permanente de alimentación por parte de la hembra adulta resulta en la formación de un sincitio multinucleado con acumulación de almidón, siendo esta última característica aparentemente propia de los nematodos agalladores. El sincitio se forma a través del rompimiento de las paredes celulares. Las agallas maduras tienden a ser mas aplanadas, con la superficie corchosa, producen numerosas raíces laterales y frecuentemente no contienen hembras adultas vivas (Stone y Burrows, 1985). El desarrollo del sincitio implica una reducción del tejido vascular y una alteración en su disposición. En numerosos casos se observan vasos aplastados, deformados y de ubicación anómala. Se presentan marcadas distorsiones del sistema vascular en el cilindro central. El citoplasma aparece denso, de aspecto filamentoso y vacuolado (Doucet *et al.*, 1994). Quimí (1981) reporta que *N. aberrans* posee dos instares infectivos de parasitismo que son J2 y hembras inmaduras; en pruebas desarrolladas con inoculaciones en tomate, indica que a los 65 días después de la inoculación, las hembras indujeron hipertrofia e hiperplasia del tejido cortical, resultando en un crecimiento anormal del mismo y evidenciándose la formación de agallas. El sincitio presentó células mono y binucleadas con el núcleo alargado. También observó la emergencia de raíces laterales opuestas al sincitio o a lo largo del lugar de alimentación del nematodo.

Inserra *et al.* (1983) concluyen que el desarrollo embriogénico de *N. aberrans* es esencialmente el mismo que para otras especies tilenchidas. Estos mismos autores mencionan que *N. aberrans* completó su ciclo biológico en 48 días en el cultivo de remolacha, causando daño extensivo en el parénquima cortical, aparte del daño que

causaron las hembras adultas: hiperplasia, proliferación anormal de raíces laterales, asimetría de la estructura de la raíz y formación del sincitio.

Sosa-Moss *et al* (s.f.) sugieren que *N. aberrans* afecta en forma más severa al tomate que *M. incognita* raza 1, argumentando que el sincitio inducido por el primero disturba tanto y tan rápidamente al tejido, que no permite el desarrollo de ningún otro individuo en las cercanías y tal vez esta es la razón por lo que, en general, se encuentra una sola hembra por agalla, y estas se presentan regulares en tamaño y forma, e independientes una de otra. Por otra parte Jatala y de Scurrah (1975) al conducir un ensayo con la finalidad de estudiar el ciclo de vida de *N. aberrans* en el cultivo de papa, reportan que la mayoría de las secciones de los tubérculos que presentaron J3, J4 y J5 fueron la capa externa y la parte inmediata por debajo de la piel, lo que indica la importancia de los tubérculos como medio de diseminación del nematodo. En el cultivo de remolacha, Inserra *et al* (1984) inocularon *N. aberrans*, *H. schachtii* y *M. hapla* concluyendo que el daño causado por el primero fue más leve, sin embargo aún así se consideró serio pues indujo agallas de gran tamaño y fue capaz de distorsionar y deformar las raíces.

Caballero y Mondragón (1987) al estudiar el nematodo *N. aberrans* en el cultivo de espinaca en la zona de Chapingo reportan que los cambios histológicos provocados por el ataque de este nematodo fueron hiperplasia e hipertrofia de las células, citoplasma denso, paredes celulares engrosadas y disueltas; también observaron núcleos y nucleolos gigantes, formación de gránulos de almidón dentro de las células y proliferación anormal de las raíces laterales.

En el cultivo de papa, Brodie (1984) indica que cuando ocurren altas infestaciones de *N. aberrans*, las pérdidas llegan a alcanzar hasta un 55% e inclusive han sido

reportadas pérdidas del 90%; añadiendo que puesto que *N. aberrans* a menudo se encuentra asociado con nematodos de los quistes, las consecuencias de esta asociación pueden ser devastadoras. Con respecto a umbrales de daño económico Brodie *et al* (1993) mencionan que no se han realizado estudios para establecer estos parámetros todavía, pero que sería de mucha importancia en países donde este nematodo es un problema.

2.3- Control

2.3.1- Resistencia

La mayoría de los trabajos de resistencia a *N. aberrans* se han realizado en el cultivo de papa; por ejemplo Brodie (1984) menciona que existen varias especies de *Solanum*, incluyendo la variedad comercial *S. tuberosum* subsp. *andigena*, que poseen cierto grado de resistencia. Las especies diploides *S. sparsipilum*, la cual posee también resistencia a *Meloidogyne* spp., aparentemente presenta la mejor fuente de resistencia a *N. aberrans*. Según este autor la resistencia es dependiente de la temperatura y ofrece la mejor y más económica forma de controlar este nematodo. Brodie *et al* (1993) indican que se están evaluando las características agronómicas y de resistencia a *N. aberrans* en especies como *Chenopodium quinoa*, *Ullucus tuberosus* y *Tropaeolum tuberosum* con el objetivo de ampliar el rango de cultivos con posibilidades de ser incorporados en un programa de rotación. Marbán-Mendoza *et al* (s.f.b) indican que al realizar un ensayo para controlar a *N. aberrans* en jitomate, la variedad VFNT rindió igual que el tratamiento donde se utilizó Furadan[®]. Gómez (1991) reporta a la variedad de frijol

Negro Puebla con cierta tolerancia al nematodo y hace mención que en tomate no se cuenta con una variedad resistente aun.

2.3.2- Control biológico

Los agentes de control biológico ofrecen alguna perspectiva puesto que en experimentos de laboratorio e invernadero se ha comprobado que el hongo *Beauveria brogniartii* parasita y reduce la multiplicación de *N. aberrans* en papa.

O'Hara y Jatala (1985) mencionan que el éxito de los agentes de biocontrol al infectar huevecillos de nematodos depende de su capacidad para penetrar los huevecillos directamente o producir sustancias que puedan afectar el desarrollo del embrión. La formación de la cubierta de los huevecillos de diferentes especies de nematodos pueden jugar un papel importante para el éxito de estos organismos. Estos investigadores reportan que las capas quitinosa y vitelina de los huevecillos de *N. aberrans* consiste cada una de tres distintos materiales densos; la complejidad de esta cubierta puede jugar un papel importante en su capacidad de resistir la desecación, penetración directa de hongos o la acción de patógenos externos.

2.3.3- Control cultural

Dentro del control cultural se incluyen prácticas como rotación de cultivos, abonos orgánicos, control de malezas hospedantes y cultivos antagónicos entre otras que son de utilidad en ciertas circunstancias (Cepeda, 1996).

2.3.3.1- Rotación de cultivos

Brodie (1984) menciona que puesto que *N. aberrans* posee un rango de hospedantes muy amplio, la selección de cultivos no hospedantes se dificulta, sin embargo apunta que hay alguna evidencia que ciertos miembros de la familia Gramineae y la mayoría de la familia Leguminosae son resistentes a *N. aberrans*. Brodie *et al* (1993) hacen mención que la rotación con cereales y leguminosas anuales han incrementado los rendimientos sin afectar el agallamiento.

2.3.3.2- Plantas antagónicas

Diferentes plantas han probado reducir la población de nematodos; estas plantas no hospedantes producen exudados radicales tóxicos a los nematodos. Entre las especies más conocidas están *Asparagus officinalis*, que produce glucósido, *Tagetes patula* y *T. erecta* (Cepeda, 1996). Gómez (1991) refiere que el cultivo de *T. erecta* e incorporación de sus residuos 15 días antes del transplante de tomate redujo significativamente la población e infección de *N. aberrans*. En general, todos los tratamientos con asociación de *T. erecta* y tomate mostraron una reducción de la población de *N. aberrans* pero solamente en el tratamiento *T. erecta*-tomate en relación de 1:2 la reducción de la población del nematodo fue significativa.

2.3.3.3- Abonos orgánicos

Algunos investigadores han encontrado una reducción en las poblaciones de nematodos después de la incorporación de residuos orgánicos, tal vez debido a un incremento en la población de microorganismos que son enemigos naturales o a la liberación de sustancias tóxicas como el amoníaco. En invernadero, la incorporación de

rastrero de maíz, cebada (*Hordeum vulgare*) y *Crotalaria* redujeron el agallamiento en tomate. En campo se lograron los mismos resultados en frijol con la adición de gallinaza (Gómez, 1991). Otro reporte del uso de gallinaza para controlar *N. aberrans* lo hacen Brodie *et al* (1993) al indicar que la incorporación de gallinaza en el cultivo de papa incrementó el rendimiento en 10ton ha⁻¹ pero sin disminuir el agallamiento. Montes (1973), al experimentar con incorporación de rastrojos de maíz y cebada en el cultivo de tomate, redujo el agallamiento y lo relaciona con la obtención de altos niveles de nitrógeno.

2.3.3.4- Control de malezas hospedantes

En el cultivo de papa Brodie *et al* (1993) y Doucet *et al* (1994) indican que la maleza *Spergula arvensis* es un reservorio natural para *N. aberrans*, por lo que al controlar esta maleza se estará reduciendo la probabilidad de diseminar y/o incrementar la densidad del nematodo en el cultivo.

2.3.4- Control químico

Es muy frecuente que debido a la diversidad de factores negativos que limitan el control de nematodos a través de medidas o prácticas culturales, control biológico, legal y genético, el único recurso disponible y efectivo para mermar los daños producidos por estos organismos sea el control químico, es decir, el uso de nematicidas o biocidas. Debido a lo anterior, las compañías de productos químicos se dedican actualmente a la elaboración de nuevos productos para el control de nematodos, y tratan de mejorar las características de los ya existentes en el mercado. Existen muchos productos químicos de todo tipo que tienen diversas funciones (en ocasiones se trata de compuestos que son

insecticidas, nematicidas y acaricidas a la vez). Existen muchos aspectos a considerar acerca de estos compuestos, como son las características químicas sobresalientes, así como sus formulaciones, cultivos en los que se pueden utilizar y propiedades o modo de acción sobre el organismo al que se pretende controlar (Cepeda, 1996).

Los nematicidas son, por definición, químicos que eliminan o matan nematodos y que tienen un amplio espectro de actividad biológica (Dunn y Noling, 1995; Marbán-Mendoza, 1985); son productos que han demostrado disminuir las poblaciones en el suelo cuando son utilizados correctamente (Stone y Burrows, 1985). En la actualidad se considera que los nematicidas comparten aproximadamente del 5 al 7% del mercado mundial de plaguicidas, lo que representa varios cientos de millones de dólares al año. Los agricultores utilizan los nematicidas para incrementar el valor de sus cultivos por unidad de superficie. El incremento en el valor del cultivo no solo involucra la obtención de mejores rendimientos en tonelaje sino también en la calidad de los mismos. El uso principal de los nematicidas es para controlar los fitonematodos en los suelos antes de la siembra o en el momento de la misma; cuando así se realiza se habla de tratamientos al suelo. No obstante, se utilizan también con fines de desinfección de suelos para viveros, bulbos, esquejes, etc., así como para nematodos asociados a cultivos perennes (Marbán-Mendoza, 1985). Debido a que los nematodos están cubiertos por una capa impermeable en su cutícula, se requieren compuestos químicos con propiedades de penetración apropiadas para lograr un buen control. Los nematicidas que se encuentran disponibles comercialmente se dividen en 4 grandes grupos: 1- hidrocarburos halogenados; 2- isotiocianatos; 3- insecticidas-nematicidas organofosforados y 4- carbamatos o insecticidas oximas (Cepeda, 1996; Ware, 1982). Lo anterior en cuanto a su

composición química, ya que en cuanto a su modo de aplicación se dividen en: 1- fumigantes y 2- no fumigantes (Dunn y Noling, 1995).

2.3.4.1- Nematicidas fumigantes

Los nematicidas fumigantes deben su nombre a que en las condiciones en que normalmente se efectúan las prácticas agrícolas se gasifican al aplicarse en los suelos debido a sus características fisicoquímicas (presión de vapor alta) difundiéndose en mayor o menor proporción entre los espacios formados por las partículas de suelo (Marbán-Mendoza, 1985).

La introducción del nematicida fumigante 1,3-dicloropropeno-1,2-dicloropropano (D-D) en 1943, comenzó la revolución en la nematología agrícola aplicada. Esta mezcla nematicida hizo, por primera vez posible, el manejo de nematodos parásitos de plantas tales como agalladores, enquistados, de los cítricos y varios nematodos lesionadores con una base económica y eficiente. Pronto estuvo disponible en el mercado el equipo de inyección necesario para su implementación; rápidamente el uso de los fumigantes se volvió popular debido a la amplia gama de organismos perjudiciales que se podían combatir a través de ellos. La subsecuente introducción del dibromuro de etileno (EDB) en 1945 y del 1,2-dibromo-3-cloropropano (DBCP) en 1954, amplió el espectro de plantas y nematodos asociados que podían ser controlados. El DBCP era particularmente interesante porque se podía utilizar tanto en presiembra como después de la siembra. Por primera vez los cultivos frutales y viñedos podían ser tratados con éxito al disminuir dramáticamente el daño causado por los nematodos. Los cultivos atacados por ectoparásitos y endoparásitos migratorios mostraban las mejores respuestas (Thomason, 1985).

Los nematicidas fumigantes se dividen en dos grupos químicos: 1-hidrocarburos halogenados alifáticos, *e.g.*, EDB; 1,3-D y bromuro de metilo, y 2-isotiocianatos *e.g.* metan sodio, dazomet y Vorlex[®]. Los fumigantes a su vez se pueden dividir en “verdaderos” o “específicos” nematicidas (EDB, 1,3-D, D-D y el DBCP), los cuales son efectivos contra nematodos y artrópodos del suelo pero no son biocidas en general a las dosis utilizadas, y aquellos con un amplio espectro de actividad, tóxicos a cualquier forma de vida (*e.g.*, isotiocianatos y bromuro de metilo); el fumigante del suelo cloropicrin también entra dentro de la última categoría (Wright, 1981).

El modo de acción de un nematicida se refiere a la acción letal del mismo en los procesos específicos y vitales dentro de los tejidos de los nematodos. Los nematicidas fumigantes de amplio espectro penetran la pared del cuerpo de los nematodos directamente y no tienen que ser ingeridos para causar efecto. Una vez dentro de la cavidad del cuerpo los diferentes órganos son afectados puesto que se impregnan con los fluidos corporales que contienen al nematicida. El metan sodio (Vapam[®], Busan[®]) es un compuesto muy soluble en agua, lo cual lo activa al contacto con la misma, al tiempo que su descomposición es rápida en el agua. Los isotiocianatos penetran directamente en la pared del cuerpo del nematodo y simultáneamente interfieren con muchos procesos vitales, incluyendo sistemas enzimático, nervioso y respiratorio. La muerte de los nematodos bajo estas condiciones es rápida (Dunn y Noling, 1995). En las dos últimas décadas el uso de estos productos empezó a disminuir por varias razones, pero la principal fue su alta toxicidad y efectos nocivos tanto para el hombre como para el medio ambiente (Marbán-Mendoza, 1985). La Agencia para la Protección del Ambiente (EPA) de los Estados Unidos, había advertido sobre el peligro del uso de los fumigantes.

Para el año de 1977 los fabricantes del DBCP anunciaron que causaba esterilidad en los obreros encargados de su fabricación, consecuentemente fue removido del mercado en 1979 (Ware, 1982). Aparte de eso el DBCP y EDB se reportan como carcinogénicos. El EDB fue cancelado como fumigante del suelo en 1983 (Thomason, 1985). En la actualidad, del D-D solo se fabrican el 1,3-dicloropropeno o Telone II[®] que junto con el bromuro de metilo son los únicos productos de esta categoría disponibles en el mercado (Marbán-Mendoza, 1985). El bromuro de metilo es un fumigante de primera clase, letal a toda forma de vida vegetal y animal, por lo tanto se clasifica como esterilizante. El gas es un fumigante del suelo para controlar malezas, semilla de maleza, nematodos, insectos y enfermedades transmitidas en el suelo. Como nematicida, el bromuro de metilo debe usarse como tratamiento presiembra debido a su alta fitotoxicidad; se debe permitir una aireación de por lo menos dos semanas antes de plantar (Ware, 1982).

2.3.4.2- Nematicidas no fumigantes

Los nematicidas no fumigantes fueron desarrollados a mediados de la década de los 60's y por algún tiempo permanecieron en forma discreta en el mercado, ya que no competían con los fumigantes en cuanto a la filosofía imperante en el control de nematodos. En la década de los 50's las pruebas con insecticidas organofosforados como el Systox (demeton) condujeron a resultados negativos. Los compuestos como el demeton y el parathion eran efectivos al controlar nematodos del follaje, pero no al controlar nematodos del suelo. La subsecuente introducción de otros organofosforados como el fensulfothion, ethoprop y fenamifos, y los carbamatos carbofuran, aldicarb y oxamyl, los cuales son insecticidas-nematicidas con una gran solubilidad en agua,

movilidad y persistencia en el suelo, así como una inherente toxicidad a los nematodos, revivieron el interés en este tipo de químicos (Thomason, 1985). Debido a las múltiples ventajas que ofrecen al compararlos con los fumigantes, se fueron utilizando más y actualmente son empleados a gran escala a nivel mundial para un número indefinido de especies de nematodos y cultivos. Entre las ventajas que ofrecen los nematicidas no fumigantes sobre los fumigantes se pueden mencionar: son , por lo general mucho menos tóxicos, relativamente más fácil de aplicar, no requieren de equipo especial de aplicación, son efectivos controlando nematodos a dosis mucho más bajas ($2-5 \text{ kg ha}^{-1}$ de i.a.) y poseen menos residuos persistentes (Marbán-Mendoza, 1985; Wright, 1981). Es de esperarse que el uso de los nematicidas no fumigantes se incremente en un futuro. Al presente los únicos nematicidas de este grupo disponibles comercialmente pertenecen a los grupos de organofosforados y carbamatos (Wright, 1981).

Los nematicidas no fumigantes penetran la pared del cuerpo de los nematodos directamente; a diferencia de los fumigantes, estos nematicidas no ofrecen un control de las enfermedades bacterianas o fungosas pero pueden ser insecticidas dependiendo del nematicida utilizado (Dunn y Noling, 1995).

Los compuestos no fumigantes pueden ser formulados como concentrados emulsionables o como granulados (Marbán-Mendoza, 1985). Los productos granulados son pequeñas bolitas formadas por varias arcillas inertes y empapadas con una solución del tóxico para darle el contenido deseado. Después que el solvente se ha evaporado, los gránulos son empacados para su uso. Los materiales granulados varían en tamaño de 20-80 mallas. Sólo los insecticidas, insecticidas-nematicidas y algunos herbicidas se formulan como granulados. El rango de ingrediente activo oscila entre el 2 y el 25%.

Los materiales granulados pueden ser aplicados a casi cualquier hora del día puesto que no presentan los problemas de deriva por viento que se dan con los líquidos asperjados o los polvos para espolvorear (Ware, 1982).

a) Nematicidas organofosforados

Los nematodos poseen un sistema nervioso similar al de los insectos, aunque más primitivo, por lo tanto son susceptibles a la acción de los insecticidas organofosforados. Los insecticidas-nematicidas organofosforados no persistentes han reemplazado a los compuestos persistentes clorados. Organofosforado es un término que se refiere a todo aquel compuesto que posea fósforo. Todos son derivados del ácido fosfórico y son, generalmente, los plaguicidas mas tóxicos para los vertebrados (Ware, 1982). Estos compuestos aparentemente inhiben la acción de diversas enzimas, pero la mayor acción *in vivo* es contra la enzima acetilcolinesterasa, la cual controla la hidrólisis de la acetilcolina, generada en las conexiones nerviosas, a colina. En la ausencia de la acetilcolinesterasa efectiva, la acetilcolina liberada se acumula y previene la transmisión continua de los impulsos nerviosos a través de las conexiones nerviosas. Esto causa pérdida de coordinación muscular, convulsiones y por último la muerte (Cremlyn, 1980; Wright, 1981). Últimamente se ha comprobado que afectan, a bajas concentraciones, sutiles actividades sensoriales y de comportamiento de los nematodos como la atracción sexual y la atracción radical, aspectos que son importantes en la protección de los hospedantes (Marbán-Mendoza, 1985). Algunos ejemplos de nematicidas organofosforados son: fosthietan (Nem-a-Tak[®]), phorate (Thimet[®]), fenamifos

(Nemacur[®]), terbufos (Counter[®]), fensulfotion (Dasanit[®], Terracur[®]), disulfoton (Disyston[®]), ethoprop (Mocap[®]) y fostiazato (código experimental ASC-66824).

a.1) Fostiazato. El ASC-66824 (fostiazato) es un nematocida sistémico, que se encuentra en evaluación contra un amplio espectro de nematodos fitoparásitos. Se ha demostrado su persistencia contra los nematodos en el suelo hasta por lo menos once semanas después de su aplicación. Es un compuesto organofosforado [(R,S)-S-secbutilo-O-etilo-2-oxo-1,3-tiazolidina-3-yl-fosfonotioate], descubierto por Ishihara Sangyo Kaisha, Ltd., Osaka, Japón. Se encuentra formulado en 10G (10% granulado) y 900EC (900g l⁻¹ concentrado emulsionable); ha sido aceptado con permiso experimental en los Estados Unidos para su uso en tabaco y tomate (ISK,1996; Nematicide Reports, 1996). Según esta última publicación, fostiazato muestra una significativa actividad contra los principales nematodos de vida libre y endoparásitos que viven en el suelo y es supresivo a algunos insectos foliares y del suelo en varios cultivos hortícolas, frutales tropicales y viñedos, así como en ornamentales, invernaderos y pastos. Posee una toxicidad (compuesto grado técnico) DL₅₀ de 73mg g⁻¹ oral en rata con un intervalo de confianza del 95% de 61-85mg g⁻¹. Según ISK Biosciences (1996), el fostiazato debe ser probado por medio de una aplicación directamente al suelo antes o después de la siembra. Las subsiguientes aplicaciones durante la estación de crecimiento del cultivo pudieran ser probadas por medio de tratamientos aplicados directamente al suelo. Estos patrones de aplicación estarían creados para mitigar las poblaciones de nematodos patógenos de las plantas en la zona de la raíz. Los objetivos para los cuales se tiene las pruebas con fostiazato se detallan en el Anexo 2. Otros objetivos para controlar otras especies de nematodos en diferentes especies de cultivos podrán hacerse evidentes conforme se

amplíe el desarrollo comercial del fostiazato. Johnson (1993) en pruebas contra el nematodo de los quistes del tabaco (*Globodera tabacum solanacearum*) logró resultados satisfactorios con el fostiazato; utilizó en las pruebas al Mocap[®], Temik[®], Nematicur[®] y fostiazato. Logró disminuir la población del nematodo significativamente con el fostiazato 900 EC a dosis de 5 l ha⁻¹ y Temik[®] a dosis de 11 kg ha⁻¹ durante el ciclo del cultivo. También la población final fue reducida significativamente por fostiazato 900 EC a dosis de 5 l ha⁻¹ y con Temik[®] a dosis de 11 kg ha⁻¹ comparado con los otros tratamientos. El uso de fostiazato en mezcla de tanque con Lorsban 4E[®] o la aplicación de 7.5 l ha⁻¹ de fostiazato solo, incrementó significativamente el rendimiento y el valor económico comparado con el control. En otro estudio hecho por Phipps y Eisenback (1993) en el que se evaluó el control de los nematodos *M. hapla* y *Macroposthonia* spp. en el cultivo de maní, solamente los tratamientos en banda con Mocap[®] y fostiazato suprimieron significativamente las poblaciones del nematodo agallador y ningún tratamiento afectó los conteos de *Macroposthonia*. Vapam[®] fue el único tratamiento que resultó en un incremento en rendimiento y significativa supresión del agallamiento; se incluyó el Temik[®] dentro del estudio.

En el cultivo de papa, Baldwin y Waldenmaier (1993) reportan que el fostiazato 10G redujo el follaje del cultivo indicando una posible fitotoxicidad, sin embargo esto no resultó en un decremento en el rendimiento. Una cantidad significativa de tubérculos de papa se produjo con una dosis de 0.9 kg de i.a. ha⁻¹. La otra dosis de fostiazato que se incluyó fue de 0.68 kg de i.a. ha⁻¹; ambas dosis controlaron significativamente el nematodo *Pratylenchus penetrans* en las raíces y redujeron las poblaciones en el suelo. Al utilizar dosis medias y altas de las formulaciones 7.5EC y 10G de fostiazato se

produjo un retraso en la senescencia del cultivo en comparación con el Temik[®] o el control. Phipps y Eisenback (1994) indican que al realizar evaluaciones de fostiazato en el cultivo de maní contra el nematodo *M. hapla* y *Macroposthonia*, este producto causó ligeras quemaduras marginales en las hojas, pero el daño fue mínimo. El Vapam[®], Temik[®] y Orthene[®] en surcos exhibieron un amplio espectro de acción suprimiendo el daño por agallamiento; estos tratamientos resultaron en el mas alto rendimiento de maní. En este ensayo además se evaluaron el Telone II[®] y el Mocap[®].

Johnson (1994a) indica que el fostiazato redujo la densidad de población del nematodo *G. tabacum solanacearum* en tabaco y que las tendencias en los datos obtenidos en rendimiento sugieren una respuesta positiva a los otros tratamientos que incluyeron al Namacur[®], Lorsban 4E[®], Temik 15G[®], Telone II[®] y Terr-O-Gas[®].

En otro ensayo similar, Johnson (1994b) menciona que aunque la densidad de población no fue reducida significativamente por ningún tratamiento, el Terr-O-Gas[®] incrementó significativamente el rendimiento y el valor económico comparado con Namacur[®], Lorsban[®], fostiazato y Telone II[®]. El mismo autor (1994c), en otras localidades y con los mismos tratamientos, hace mención que el fostiazato redujo la población de *G. tabacum solanacearum* y que cada uno de los productos evaluados incrementó los rendimientos y el valor económico sobre el control. Sin embargo, la mezcla de tanque Namacur[®]-Lorsban[®] y el Telone II[®] parecieron fallar al controlar al nematodo basándose en resultados de rendimiento, desconociendo las razones para el pobre desempeño de estos productos en esas localidades. Al utilizar los productos Telone C-17[®], Chlor-O-Pic[®], Terr-O-Gas[®], Namacur[®], Temik 15G[®], Lorsban 4E[®] y

fostiazato 7.5E para controlar a *Meloidogyne* spp. en tabaco, Melton *et al* (1994a) aseveran que el Nemacur[®] no ofreció control, ya que los conteos para larvas y huevecillos fueron inusualmente altos. El rendimiento fue más bajo de lo esperado. Tradicionalmente Nemacur[®] ha sido usado ampliamente en tabaco para el control de agalladores. Los rendimientos más altos los ofreció Telone C-17[®] y Temik 15G[®]. Los tratamientos con fostiazato mostraron el porcentaje mas alto de control. Según estos investigadores, los nematicidas fumigantes han sido considerados como superiores a los no fumigantes; sin embargo, en este trabajo, Temik 15G[®], fostiazato y Temik 15G[®] en combinación con Nemacur[®] dieron rendimientos similares a los dos mejores fumigantes.

Melton *et al* (1994b) reportan un buen control de *Meloidogyne* sp. en dos variedades de tabaco al utilizar fostiazato. Baird y Huber (1994) obtuvieron los siguientes resultados al probar fostiazato, Vapam[®], la hormona de crecimiento Double' y micronutrientes para controlar a *M. incognita* en tomate: los tratamientos con fostiazato que fueron inyectados (líquido) y al voleo (granulado), presentaron el porcentaje más bajo de infestación de raíces. El tratamiento fostiazato con 5kg ha⁻¹ de i.a. inyectado y el Vapam[®] tuvieron más frutos comercializables, pero ninguno de los tratamientos fue significativamente mayor que el control. La menor cantidad de frutos y menor rendimiento se produjeron en las parcelas con fostiazato a 6.7kg ha⁻¹ de i.a., aunque el rendimiento no fue significativamente más bajo que el control.

Lawrence y McLean (1995a) reportan que al probar el fostiazato 10G y 7.5 CE para controlar a *M. incognita* en melón (*Cucumis melo*) Cantaloupe variedad Hales Best se recuperaron significativamente menos nematodos en las parcelas tratadas que en el

control. Todos los tratamientos con fostiazato redujeron el número de agallas significativamente en comparación con el control. El rendimiento de fruto fue mayor significativamente en todos los tratamientos con fostiazato; el mejor rendimiento se logró con este nematicida aplicado en forma granulada (10G) a dosis de 2.22kg ha⁻¹ de i.a. Aparte de esta dosis se probaron también 4 y 6kg ha⁻¹ de i.a. de fostiazato.

En una prueba contra el nematodo *Rotylenchulus reniformis* en algodón (*Gossypium hirsutum*) Lawrence y McLean (1995b) evaluaron el fostiazato 7.5 CE en surcos y el 10G al voleo y en surcos, además de Temik 15G[®]. Reportan que la población de nematodos se incrementó en todas las parcelas durante la temporada de cultivo. Todos los tratamientos de fostiazato aplicados al voleo redujeron significativamente la población de nematodos en comparación con el control. La altura de las plantas fue significativamente mayor en todos los tratamientos con fostiazato al voleo y aplicado a 1 y 1.35kg ha⁻¹ de i.a.. Al aplicarlo en formulación 10G al voleo a dosis de 4.5kg ha⁻¹ de i.a. incrementó significativamente el rendimiento de algodón. Averde *et al* (1995) obtuvieron diferencias en rendimiento muy pequeñas y rendimientos bajos con dosis altas de fostiazato al controlar el nematodo *M. incognita* en el cultivo de camote (*Ipomoea batatas*). Fostiazato a dosis de 4.5 kg ha⁻¹ de i.a. redujo el vigor de las plantas inicialmente, sin embargo, las plantas crecieron en el transcurso de la temporada. No se observaron síntomas foliares de toxicidad. Excepto para las dosis más bajas de fostiazato, todos los tratamientos redujeron significativamente el número de lesiones radicales internas cuando se compararon con el testigo. Johnson (1995) realizó un experimento para medir la eficacia del fostiazato 7.5 CE contra *G. tabacum solanacearum* en tabaco. No detectó diferencias entre las poblaciones de nematodos. Sin

embargo, el rendimiento fue mayor para los tratamientos de Temik 15G[®] que para los demás nematicidas, excepto para el Nemacur[®] en mezcla de tanque con Lorsban[®] y la aplicación de fostiazato a dosis de 4.5 l ha⁻¹ de producto comercial. El uso de Telone C-17[®], Nemacur[®] o fostiazato no incrementó el rendimiento sobre el testigo sin aplicar. Melton *et al* (1995) al repetir un ensayo para el control de *M. incognita* con fostiazato en tabaco indican que la población de nematodos fue relativamente baja, resultando en diferencias muy bajas en índices de agallamiento. Los tratamientos con rendimientos más altos (Mocap[®] + Temik[®] y Telone C-17[®]) fueron significativamente mejores que el testigo. En el estado de Tlaxcala, México, Molina (1995) probó el fostiazato en el cultivo de papa para controlar a *G. rostochiensis*. Lo evaluó en tres dosis: 10, 20 y 30kg ha⁻¹ de producto comercial aplicados al momento de la siembra. Como testigos regionales empleó al terbufos (Counter[®]) y carbofuran (Furadan 5G[®]). El mejor tratamiento para el control del nematodo fue el fostiazato aplicado a 10kg ha⁻¹ en dos aplicaciones, a la siembra y antes de la tuberización.

Lawrence y McLean (1996a) lograron buenos resultados al utilizar fostiazato en el control de *R. reniformis* en algodón, reduciendo la población del nematodo, incrementando el rendimiento en semilla y la altura de plantas en todos los tratamientos donde se incluyó este nematicida. Sin embargo, estos mismos autores (1996b) reportan resultados negativos para controlar este mismo nematodo en el cultivo del camote, no logrando una diferencia significativa al usar fostiazato comparando con el testigo en relación a rendimiento y reducción de población del nematodo.

b) Nematicidas carbamatos

El éxito en la introducción de los insecticidas organofosforados dio lugar a la creación de otros compuestos con igual modo de acción. Los insecticidas carbamatos son derivados del ácido carbámico, y como los organofosforados, su modo de acción es inhibición de la enzima vital colinesterasa. En 1951 los insecticidas carbamatos fueron introducidos por la compañía suiza Geigy Chemical Company los cuales no fueron muy bien aceptados, pues al principio no eran muy efectivos y eran bastante caros. A ese tiempo no se conocía que los dimetil carbamatos eran menos tóxicos que los metil carbamatos que al ser desarrollados más tarde, revivieron el interés en estos compuestos. Actualmente son , junto con los organofosforados, los más utilizados para el control de los nematodos debido a su rápida degradación, aunque algunos de ellos poseen una alta toxicidad a mamíferos. Entre los más destacados de este grupo se encuentra el aldicarb (Ware, 1982).

b.1) Aldicarb. Es un insecticida sistémico introducido al mercado por la Union Carbide Corp. en 1965 con nombre comercial Temik[®], con el cual es conocido hasta la fecha. Su nombre químico es 2-metil-2-(metiltio) propionaldehído-O-(metilcarbamoil) oxima (Cepeda, 1996; Cremlyn, 1980; Thomason, 1985). Está registrado en varios cultivos incluyendo algodón, maní, camote, ornamentales, caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y papa (Cepeda, 1996; Ware, 1982), aunque su efectividad se ha comprobado en muchos cultivos más entre los cuales están plátano, banano, frijol, cítricos, maíz (*Zea mays*), piña, soya, tabaco, tomate, cafeto (*Coffea* spp.) y otros (Cepeda, 1996). A diferencia de la mayoría de los otros nematicidas, aldicarb es formulado solamente como granulado debido a su alta toxicidad a mamíferos que es

LD₅₀ de 0.9mg kg⁻¹ oral en rata. La formulación granulada reduce significativamente el riesgo en el manejo del producto. Se aplica al suelo al momento de la siembra o cuando las plantas se encuentran en proceso de crecimiento; es bastante soluble en agua, por lo que las plantas lo absorben por la raíz y se transloca a través de ellas matando los insectos que se alimentan del follaje así como a los nematodos que se encuentran alrededor de las raíces. Posee un movimiento bidireccional en la planta, es decir tanto apoplástico como simplástico, aunque su efecto en los nematodos se da principalmente en el suelo al interferir con la locomoción y alimentación de las larvas recién emergidas causándoles la muerte por falta de alimento o envenenamiento; por lo tanto se requiere de una buena distribución del producto en la zona radical cuando las larvas recién emergidas busquen las raíces para alimentarse. Muchas veces la muerte de los nematodos a causa de los nematicidas se debe principalmente al efecto secundario que causa el químico al mermar la capacidad de movimiento, reproducción y por lo tanto alimentación del nematodo. (Dunn y Noling, 1995). El aldicarb controla los nematodos endo y ectoparásitos de cultivos tanto anuales como perennes. Algunos nematodos son más susceptibles que otros; entre las especies de nematodos que controla se encuentran la gran mayoría de los fitonematodos más perjudiciales como son *Meloidogyne* spp., *Nacobbus* spp., *Radopholus similis*., *Heterodera* spp., *Pratylenchus* spp. (Cepeda, 1996; Ware, 1982) y otros más que ya se mencionaron anteriormente en esta revisión.

b.2) Carbofuran. Es otro insecticida con propiedades nematicidas que se ha utilizado ampliamente para el control de una diversidad de especies de nematodos. Posee residualidad y toxicidad menores que el aldicarb, por lo que resulta más conveniente al utilizarlo en cultivos de ciclo corto (Ware, 1982). Su nombre químico es 2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil metilcarbamato y posee una toxicidad LD₅₀ de 8-14mg kg⁻¹ oral

en ratas (Thomason, 1985; Ware, 1982). El carbofuran presenta un amplio espectro de acción contra insectos, nematodos y ácaros (Cremlyn, 1980). Se encuentra en el mercado en formulaciones granuladas como son el Furadan 5G y 10G[®] y Curater 5G[®] y en líquido, que es el Furadan 350 y 4F[®]; las formulaciones de Furadan[®] son fabricadas por la compañía FMC y el Curater 5G[®] es fabricado por Bayer. Este nematicida se utiliza en cultivos como plátano, banano, papa, maíz, café, cítricos, maní, alfalfa (*Medicago sativa*), arroz (*Oryza sativa*), caña, chile, sorgo (*Sorghum vulgare*) para controlar varios géneros de nematodos entre los que se encuentran *R. similis*, *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *T. semipenetrans*, *Heterodera* spp., *Meloidogyne* spp., *Aphelenchus* spp., *Belonolaimus* spp., y *Trichodorus* spp (Cepeda, 1996).

En realidad se han hecho muy pocas investigaciones con el fin de controlar químicamente a *N. aberrans*, aunque dada la similitud de este con *Meloidogyne* spp. es de suponerse que reaccionen de la misma forma a los tratamientos con nematicidas (Jatala, 1985; Brodie, 1984). En Sudamérica se ha logrado cierto control con el uso de carbamatos y organofosforados (Mai *et al*, 1981). Según Stone y Burrows (1985), el uso de fumigantes es efectivo puesto que *N. aberrans* se presenta comúnmente en suelos ligeros y arenosos. Brodie *et al* (1993), aseguran que los fumigantes del suelo y los nematicidas granulados son la mejor forma de controlar *N. aberrans*; sin embargo mencionan que en la región de Los Andes, los nematicidas granulados han incrementado los rendimientos en papa hasta en un 40% pero sin reducir el daño por agallamiento. Algunos métodos como la inmersión de los tubérculos en una solución de fenamifos o ethoprop son de utilidad para prevenir la diseminación del nematodo en el material de siembra. Marbán-Mendoza *et al* (s.f.b) evaluaron el manejo de *N. aberrans* en el cultivo

de tomate con variedades resistentes, nematicidas y mejoradores del suelo y reportan que los tratamientos químicos incrementaron en promedio el 55% de la producción en comparación al testigo no tratado. En general, el aldicarb (2kg ha^{-1} de i.a.) y el fenamifos (4kg ha^{-1} de i.a.) controlaron mejor al nematodo. Los productos químicos indujeron mejores cosechas que los tratamientos no químicos. Zamudio y Marbán-Mendoza (1983) probaron los nematicidas aldicarb (2.25 y 1.12kg ha^{-1} de i.a.), fenamifos (4 y 2kg ha^{-1} de i.a.), carbofuran (2 y 1kg ha^{-1} de i.a.) y un testigo; aplicaron en banda al momento de la siembra. Estos autores mencionan que los tratamientos químicos incrementaron en un 50% el rendimiento en promedio en relación al testigo no tratado. El mejor tratamiento fue aldicarb (2kg ha^{-1} de i.a.) obteniéndose mejores cosechas en calidad (mayor número de cajas de primera y segunda) como en cantidad (ton ha^{-1}). Con este compuesto se reporta un 85% de incremento en relación al testigo. En un ensayo de invernadero, Franco y Marbán-Mendoza (1983) evaluaron el efecto terapéutico de los nematicidas oxamyl, fenamifos y aldicarb aplicados en la variedad de tomate "AC-VF-55" a los 15 días después de la siembra, la cual se hizo en macetas de 1kg con suelo infestado con *N. aberrans*. Los nematicidas fueron aplicados en dosis de 300 y 1,000ppm para oxamyl, 7.3 y 14.6ppm para fenamifos; el aldicarb fue aplicado a 4.7 y 9.4ppm. Todos los tratamientos químicos redujeron el agallamiento significativamente en comparación al testigo. Los tratamientos que mostraron un mejor control fueron el aldicarb a ambas dosis. En la región de Chapingo, Equihua (1977) realizó un experimento en el cultivo de chile con la finalidad de controlar a *N. aberrans* con nematicidas; utilizó el Temik 10G aplicado en banda y en forma manual con una dosis de 1kg ha^{-1} en tres aplicaciones haciendo la primera 10 días después del transplante y las dos siguientes con una separación entre una y otra de 15 días. Además incluyó en el ensayo a los productos

Vorlex[®] y Telone[®]. En relación al rendimiento, la mayor producción se obtuvo con el Temik 10G[®], seguido por Vorlex[®] y Telone[®]. Este autor recomienda al Temik[®] para controlar a *N. aberrans* en Chile por ser un producto de fácil manejo y muy disponible.

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1- Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, durante los meses de julio-septiembre de 1996 en el lote X4 ubicado a 2,241 metros sobre el nivel del mar y a 19°30' de latitud norte y 98°51' de longitud occidental. El lote presentó las siguientes características con relación al suelo: Materia orgánica: 1.86%; pH: 7.98; arena: 41.64%; limo: 27.08%; arcilla: 31.28%; clasificación textural: franco-arcilloso, (según análisis del Laboratorio Central Universitario del Departamento de Suelos de la UACH). Los datos climáticos durante el período del ensayo se resumen en el Anexo 3.

Durante los meses en que se realizó el ensayo la humedad relativa fue la siguiente: julio tuvo una humedad relativa media mensual de 64%; agosto tuvo una humedad relativa media mensual de 75% y septiembre de 71%.

3.2- Diseño experimental

3.2.1- Diseño utilizado

El diseño experimental consistió de un arreglo en bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones.

3.2.2- Modelo lineal

El modelo lineal empleado fue el siguiente:

$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \xi_{ij}$, donde Y_{ij} es el valor de la variable respuesta del tratamiento i y repetición j ; μ es el efecto de la media poblacional, T_i es el efecto del tratamiento i ; β_j es el efecto de bloques y ξ_{ij} es el efecto del error experimental.

3.2.3- Tratamientos

Los tratamientos que se implementaron para la evaluación del control de *N. aberrans* se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1.- Tratamientos evaluados para el control de *N. aberrans* en espinaca. Chapingo, México. 1996. [†]

TRATAMIENTO Y DOSIS ¶
1- (FO2) Fostiazato 10% granulado 20kg ha ⁻¹
2- (FO3) Fostiazato 10% granulado 30kg ha ⁻¹
3- (FO4) Fostiazato 10% granulado 40kg ha ⁻¹
4- (CA) Carbofuran 5% granulado (Furadan 5G [®]), 40kg ha ⁻¹
5- (AL) Aldicarb 15% granulado (Temik 15G [®]), 20kg ha ⁻¹
6- (T) Testigo sin aplicación

[†] Todos los nematocidas fueron aplicados a la siembra y en banda de 20cm.

¶ Producto comercial.

3.2.4- Material experimental

El material experimental utilizado fue la variedad de espinaca Virofly, con semilla adquirida en la central de abasto de México D.F.; dicha variedad se adapta bien a las condiciones climáticas que se presentan en el área de establecimiento del ensayo, así

como también ha demostrado ser susceptible al ataque de *Nacobbus aberrans* (Caballero y Mondragón, 1987).

3.2.5- Variables respuesta

Para la evaluación de la eficacia de los nematicidas en el desarrollo del cultivo así como en la reducción de la población del nematodo se tomaron las siguientes variables respuesta: población de nematodos; peso, longitud y agallamiento de raíces; también se evaluó el rendimiento de espinaca.

3.2.6- Análisis de los datos

Para analizar los datos obtenidos con una base estadística se realizó el análisis de varianza y la prueba de rango múltiple de Duncan con $\alpha=5\%$ utilizando para ello el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), para comparación de medias, tanto para la población de nematodos como para los parámetros de rendimiento y daños por agallamiento radical.

La eficacia en el control de nematodos se realizó calculando el porcentaje de control, utilizando a la población del testigo como base para el cálculo a partir de la segunda fecha de muestreo, es decir cuando ya se esperaba un efecto de la aplicación de los tratamientos. A estos datos se les aplicó la transformación arcoseno antes de realizar el análisis; esta transformación es recomendada en caso de datos expresados en porcentaje.

3.3- Procedimiento

3.3.1- Establecimiento del ensayo

La sección del campo experimental, al momento de establecer el ensayo y antes de la preparación del terreno se encontraba poblada de las siguientes malezas: *Cyperus* spp. *Chenopodium quinoa*, *Amaranthus* sp. y *Simsia amplexicaulis*. Se hizo la preparación del terreno el 26 de julio de 1996 de forma tradicional, es decir, un desvare, una pasada de arado de disco y dos de rastra pesada; posteriormente se realizó el surcado en forma mecánica.

El área total constó de 800m². Las unidades experimentales fueron parcelas con un área de 21.6m² cada una, consistentes de tres surcos de 9m de largo y con espaciamento entre los mismos de 0.80m. Se dejó un surco de separación sin cultivar entre cada unidad experimental. Se utilizó el sistema de doble hilera a 15cm de distancia entre estas, dando un total de seis hileras de cultivo por parcela. La distancia entre plantas fue de 10cm después del raleo. La densidad de siembra fue de 250,000 plantas por hectárea. Como parcela útil se utilizaron las cuatro hileras centrales de cada parcela y se eliminaron las dos hileras laterales, las cuales se dejaron como efecto de orilla.

El ensayo se estableció el 28 de julio de 1996 realizando la siembra directa de las parcelas y a su vez la aplicación de los tratamientos. Todos los nematicidas se aplicaron en banda de 20cm, en el fondo del surco y se taparon con una capa fina de suelo. Para realizar la dosificación correcta de los tratamientos antes mencionados, previamente se procedió a pesar en una balanza analítica los nematicidas a ser distribuidos individualmente por cada parcela. El inóculo inicial (población de *N. aberrans*) se encontraba distribuido homogéneamente y en forma natural en el área de ensayo (Caballero y Mondragón, 1987).

3.3.2- Prácticas agronómicas y fitosanitarias

Con el fin de conducir el ensayo en una forma normal en lo referente a las condiciones del material experimental, se realizaron las prácticas agronómicas acostumbradas para el cultivo en la región: se realizaron tres riegos por gravedad en el período entre el 30 de julio y el 6 de septiembre de 1996 de acuerdo a las necesidades del cultivo; se realizaron dos deshierbas manuales en el período, a fin de controlar las malezas presentes antes mencionadas. Como fertilización se utilizó urea 46% mezclada con fertilizante compuesto 18-46-0 en relación 1:1. Se aplicó a dosis de 125kg ha⁻¹.

Con relación a prácticas fitosanitarias se hicieron dos aplicaciones de Tamaron 600[®] en forma foliar a dosis de 1/ de producto comercial por ha. Las aplicaciones se hicieron en forma preventiva para un posible ataque de insectos del follaje, y se realizaron el 14 y 28 de agosto de 1996.

3.3.3- Manejo de nematodos

3.3.3.1- Muestreo

Se realizó un muestreo aleatorio de suelo por parcela un día antes de la siembra (27 de julio de 1996), con el objetivo de conocer la población inicial de nematodos. Posteriormente se hizo un muestreo, también en forma aleatoria, a los 15, 30 y 45 días después de la siembra y aplicación de tratamientos, totalizando cuatro muestreos en el ciclo como lo recomienda Barker *et al* (1986); lo anterior se hizo con el objetivo de monitorear la población de nematodos basándose en la cantidad de individuos hechos por muestreo a través del tiempo y de esta forma poder medir la eficiencia de cada tratamiento.

El muestreo se realizó tomando una muestra por parcela de aproximadamente 1kg, constituida aquella por tres submuestras.

3.3.3.2- Extracción

El proceso de extracción utilizado fue el de tamizado-centrifugación (Jenkins, 1964). De cada muestra se tomaron 200cc de suelo para proceso. Los nematodos ya extraídos del suelo se fijaron en una solución de TAF (Courtney *et al.*, 1955) para proceder después al conteo.

3.3.3.3- Conteos

Se realizaron cinco alicuotas de 1 ml por muestra para inferir sobre el volumen total. Los conteos se hicieron en una caja contadora utilizando el microscopio compuesto con objetivo de 10x. Se hicieron conteos separados de machos, así también como de hembras inmaduras y larvas.

3.3.4- Evaluación de agallamiento y componentes de rendimiento del material experimental

Se realizó una evaluación final del cultivo a la cosecha, 56 días después de la siembra. Los parámetros a medir fueron:

3.3.4.1- Población de hembras dentro de las raíces

Se hizo un muestreo de 3 plantas por parcela en forma aleatoria, para un total de 12 plantas por tratamiento, se fijaron sus raíces en lactoglicerol hirviendo por tres

minutos, con un 0.5% de fucsina ácida para lograr la tinción de las mismas (Bridge *et al*, 1982), para después poder realizar el conteo de hembras en el interior del tejido radical.

3.3.4.2- Peso y longitud de raíces

Se hizo una evaluación de peso total de raíz y longitud de raíz principal, tomando una muestra de 10 plantas por parcela, para un total de 40 plantas por tratamiento. El peso se evaluó como tejido seco.

3.3.4.3-Agallamiento de las raíces

Para evaluar el índice de agallamiento en las raíces, se tomó al azar una muestra de 10 plantas por parcela, para hacer un total de 40 plantas por tratamiento. La evaluación se hizo en base al número de agallas por planta.

3.3.4.4- Rendimiento

Para la evaluación de rendimiento en cosecha se tomó una muestra de 75 plantas por parcela, haciendo un total de 300 plantas por tratamiento. Se tomó el peso fresco de planta entera. Esta evaluación se hizo en el campo para evitar pérdidas en peso a causa de deshidratación.

IV- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1- Sintomatología

Los daños causados por el nematodo al cultivo se presentaron mayormente en la parte radical, pudiéndose observar los síntomas típicos causados por *N. aberrans* reportados por Brodie (1984) y Jatala (1985); estos síntomas son agallas en forma esférica y diferenciadas una de otra, además de la proliferación de raíces secundarias en plantas severamente agalladas. El agallamiento se hizo evidente en un período corto, ya que plantas extraídas a los 20 días después de la siembra presentaban el daño mencionado, debido probablemente a la presencia de inóculo proveniente de malezas presentes en el terreno antes del establecimiento del ensayo; estas malezas, entre las cuales se encontró a los géneros *Chenopodium* sp. y *Amaranthus* sp., son susceptibles al daño por *N. aberrans* y sirven de reservorios naturales al nematodo en ausencia de un cultivo susceptible, tal como lo reportan Cutipa *et al* (1975) y Marbán-Mendoza *et al* (s.f.a).

En cuanto a los síntomas aéreos, estos no se observaron en ninguno de los tratamientos; no se presentó amarillamiento ni marchitez en horas calurosas del día, que son los síntomas mencionados por Brodie (1984) y Jatala (1985) al generalizar la sintomatología de *N. aberrans*.

Caballero y Mondragón (1987) recomiendan la variedad de espinaca Virofly para la zona de Chapingo por el hecho de presentar cierta tolerancia al nematodo, sin

embargo esta tolerancia no se consideró efectiva en el presente ensayo, dados los daños causados por *N. aberrans* en el material experimental. El inóculo (población de *N. aberrans*) se hizo evidente al mostrar un 100% de incidencia de agallamiento.

4.2- Reconocimiento del organismo causal

Basándose en la descripción de Stone y Burrows (1985), se logró reconocer a *N. aberrans* en las muestras de suelo procesadas para realizar los conteos, observándose en dichas muestras machos, hembras preadultas y larvas en cantidades que se mencionan más adelante.

4.3- Población de *N. aberrans*

La población de *N. aberrans* se monitoreó a través del ciclo del cultivo por medio de muestreos aleatorios quincenales, para un total de cuatro muestreos en el ciclo. En este aspecto y refiriéndose al porcentaje de control sobre el testigo, ningún tratamiento químico fue significativamente diferente que otro. Las razones posibles para estos resultados pueden ser aspectos negativos en el proceso de extracción, en el cual según Barker *et al* (1986) se pueden perder cantidades considerables de nematodos en el tamizado, sugiriendo estos autores un segundo tamizado de las muestras con el decantado inicial para recuperar la máxima cantidad posible de individuos, agregando a lo anterior el hecho que se requiere de práctica para obtener el grado de eficiencia óptimo, ya que se considera que el número de nematodos recuperados en los muestreos fue bajo si se toma en cuenta la incidencia de agallamiento observada en las parcelas de ensayo. Una muestra se conformó en base a tres submuestras por parcela de 21.6m²; se puede asumir que al incrementar el número de submuestras por parcela se incrementará

la precisión en el monitoreo de la población del nematodo. Barker *et al* (1986) sugieren un muestreo de 20 submuestras para parcelas con dimensiones de 5-100m².

4.3.1 Población de machos

Para esta variable no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos. Se recuperaron para el tratamiento 2 (fostiazato 10G a 30kg ha⁻¹) la mayor cantidad de machos en promedio para las cuatro repeticiones (40 machos 200cc⁻¹) y para el tratamiento 4 (Furadan 5G[®] a 40kg ha⁻¹) y 5 (Temik 15G[®] a 20kg ha⁻¹) el menor número en promedio con 20 machos 200cc⁻¹. Entre el tratamiento con fostiazato a 20kg ha⁻¹ (tratamiento 1), el tratamiento 3 que fue fostiazato a 40kg ha⁻¹ y el testigo existió una diferencia de 7.5 machos por cada 200cc, puesto que los dos primeros tuvieron un promedio de 22.5 machos 200cc⁻¹ y el testigo tuvo un promedio de 30 machos 200cc⁻¹. Los tratamientos 4 y 5 tuvieron en promedio 10 machos 200cc⁻¹ menos que el testigo. Según Jatala (1985) *N. aberrans* después de realizar la última muda puede abandonar las raíces y convertirse en hembras o machos activos; este puede ser el origen de las poblaciones de machos encontradas en las muestras de suelo procesadas. En la Figura 1 se resume el comportamiento de la población de machos para el ciclo del ensayo en todos los tratamientos.

4.3.2- Población de hembras

Para la población de hembras en el suelo durante el ciclo de cultivo, se presentaron diferencias significativas solamente entre el tratamiento 3, es decir

fostiazato 10G a 40kg ha^{-1} con un promedio de hembras en el ciclo de $8\ 200\text{cc}^{-1}$ y el testigo que tuvo un promedio de $38\text{ hembras } 200\text{cc}^{-1}$, o sea una diferencia de 30 hembras

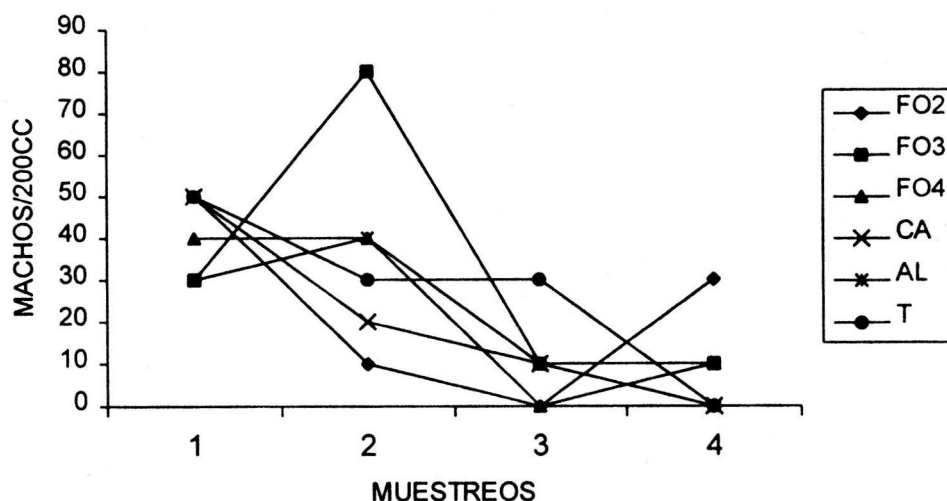


Figura 1. Fluctuación poblacional de machos de *N. aberrans* en parcelas de espinaca bajo diferentes tratamientos nematicidas. Chapingo, México. 1996.

por cada 200cc , probablemente debido a que es una dosis alta en relación a la recomendada por ISK (1996) para otros cultivos, que es de 33kg ha^{-1} máxima. Los tratamientos 1 y 2, es decir el fostiazato a dosis de 20 y 30 kg ha^{-1} promediaron $13\text{ hembras } 200\text{cc}^{-1}$, con una diferencia de 25 hembras menos en promedio por cada 200cc en relación al testigo. El tratamiento 4 (Furadan $5\text{G}^{\text{®}}$ a 40kg ha^{-1}) tuvo en promedio solamente 13 hembras menos que el testigo por cada 200cc y el tratamiento 5 (Temik $15\text{G}^{\text{®}}$ a 20kg ha^{-1}) promedió $18\text{ hembras } 200\text{cc}^{-1}$, es decir 20 menos que el testigo.

Los datos completos para población de hembras en promedio por tratamiento se muestran en el Cuadro 2 y la fluctuación de la población a través del ciclo en la Figura 2.

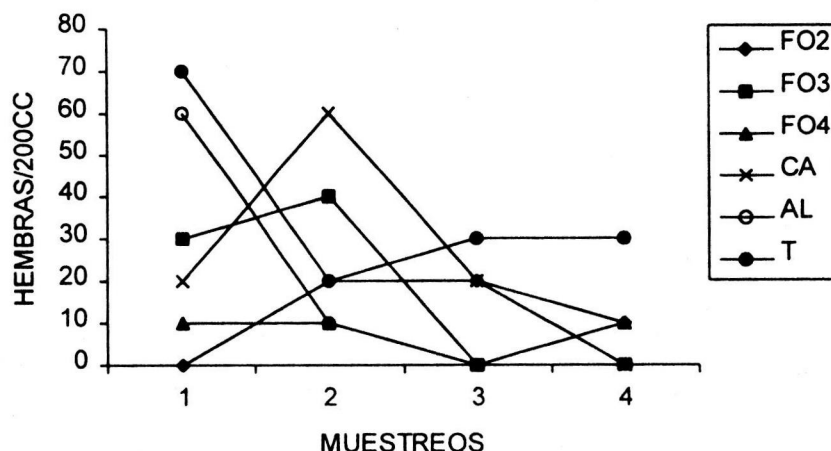


Figura 2. Fluctuación poblacional de hembras de *N. aberrans* en parcelas de espinaca bajo diferentes tratamientos nematicidas. Chapingo, México. 1996.

Cuadro 2.- Población de hembras de *N. aberrans* en parcelas de espinaca bajo diferentes tratamientos nematicidas. Chapingo, México. 1996.[†]

TRATAMIENTOS Y DOSIS	HEMBRAS 200CC ⁻¹ ¶
1- (FO2) Fostiazato 10% granulado 20kg ha ⁻¹	13 ab
2- (FO3) Fostiazato 10% granulado 30kg ha ⁻¹	13 ab
3- (FO4) Fostiazato 10% granulado 40kg ha ⁻¹	8 a
4- (CA) Carbofuran 5% granulado 40kg ha ⁻¹	25 ab
5- (AL) Aldicarb 15% granulado 20kg ha ⁻¹	18 ab
6- (T) Testigo sin aplicación	38 b

[†] Promedio de 4 repeticiones en cuatro fechas de muestreo.

¶ Hembras preadultas en el suelo; promedios seguidos por letras iguales no son significativamente diferentes según la prueba de rango múltiple de Duncan (P= 0.05).

La población de hembras en el suelo fue ligeramente inferior a la de machos, esto puede deberse a que una cantidad de ellas se encontraban parasitando el cultivo y se establecieron en sitios fijos para su alimentación, como lo mencionan Brodie (1984), Jatala (1985) y Stone y Burrows (1985) por lo que es probable que no salgan de las

raíces en un número tan elevado como los machos. Además, como lo reporta Cid del Prado Vera (1985), La temperatura influye directamente en la proporción machos:hembras, aparentemente presentándose mayor número de machos en general, y a medida que la temperatura se incrementa, la proporción se va igualando.

4.3.3- Población de larvas

La población de larvas se presentó en cantidades ligeramente superiores a la de machos, debido tal vez a que al eclosionar, es este instar en su totalidad el que hace su presencia como J2 en el suelo antes que se lleve a cabo la diferenciación de sexos, la que, según Jatala (1985), ocurre al final del tercer instar larvario. Algunas larvas se convertirán en machos y otras en hembras, posteriormente. En la Figura 3 se muestra el comportamiento poblacional de las larvas a través del período de ensayo. En esta variable no se presentaron diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos. El tratamiento que presentó el valor más bajo de larvas fue el 3 (fostiazato a 40kg ha^{-1}), con un promedio de 33 larvas por 200cc de suelo haciendo una diferencia de 17 larvas menos por 200cc comparado con el testigo que promedió 50 larvas 200cc^{-1} , pudiéndose explicar por las mismas razones que este tratamiento resultara más alto en la variable hembras. El tratamiento con mayor número de larvas recuperadas fue el 5 (Temik 15G[®] a 20kg ha^{-1}) con un promedio de 58 larvas por 200cc de suelo, o sea un promedio de 8 larvas más que el testigo. Los tratamientos 2 y 4 (fostiazato 10G a 30kg ha^{-1} y Furadan 5G[®] a 40kg ha^{-1}) promediaron 35 larvas 200cc^{-1} , 15 larvas menos que el testigo en promedio; el tratamiento 1 (fostiazato 10G a 20kg ha^{-1}) promedió 43 larvas 200cc^{-1} , o sea 7 larvas menos que el testigo en promedio por cada 200cc.

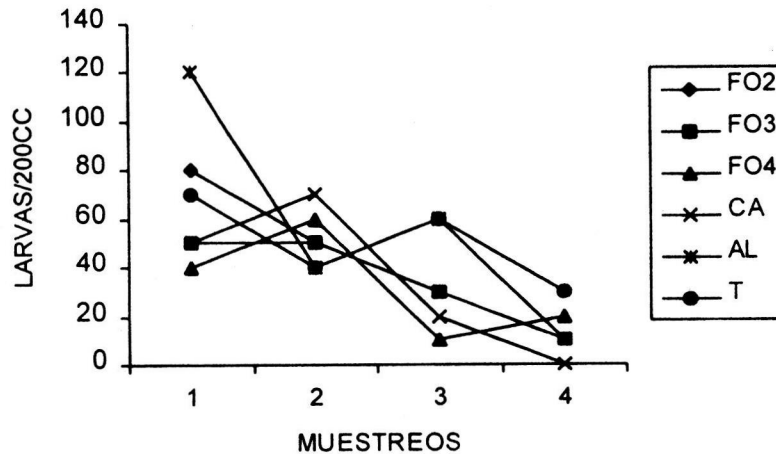


Figura 3. Fluctuación poblacional de larvas de *N. aberrans* en parcelas de espinaca bajo diferentes tratamientos nematocidas. Chapingo, México. 1996.

4.3.4- Población total

La población total de nematodos no presentó diferencias significativas en ningún tratamiento; estos resultados coinciden con los reportados por Johnson (1994b y 1995) quien no encontró diferencias significativas en poblaciones de *G. tabacum solanacearum* en tabaco al evaluar fostiazato, Lorsban[®], Telone[®] y Nemacur[®].

El tratamiento que presentó una mayor población total fue el testigo con un promedio de 118 nematodos 200cc⁻¹ y el que presentó un menor número en promedio fue el 3 (fostiazato a 40kg ha⁻¹) con 63 200cc⁻¹, para una diferencia de 55 nematodos en promedio. El fostiazato a 20kg ha⁻¹ promedió 78 nematodos por cada 200cc, para una diferencia de 40 menos en relación al testigo. El Furadan 5G[®] a 40kg ha⁻¹ tuvo un promedio de 80 nematodos por 200cc, o sea 38 menos que el testigo. El fostiazato a dosis de 30kg ha⁻¹ tuvo en promedio 30 nematodos menos que el testigo por cada 200cc,

es decir un promedio de 88 nematodos y el Temik 15 G® a 20kg ha⁻¹ promedió 95 nematodos 200cc⁻¹ con una diferencia de 23 menos que el testigo. La Figura 4 muestra el comportamiento de la población de *N. aberrans* durante el ensayo.

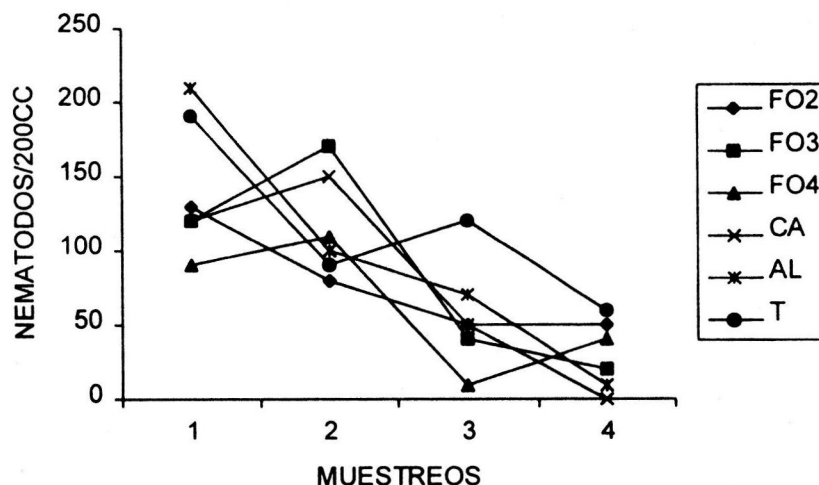


Figura 4. Fluctuación de la población total de *N. aberrans* en parcelas de espinaca bajo diferentes tratamientos nematicidas. Chapingo, México. 1996.

4.4- Efecto de tratamientos en el cultivo

Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el cultivo se midieron las siguientes variables: peso y longitud de raíz; agallamiento, que se tomó como el número de agallas por planta, porque el método de evaluación de agallamiento está descrito para especies de *Meloidogyne*, pero dado que la forma de agallamiento es diferente entre esta especie y la estudiada en este ensayo (*Nacobbus*), no se consideró utilizarla como forma de evaluación. Al evaluar el número de hembras dentro de las raíces se presentaron dificultades que se mencionan más adelante. También se midió el rendimiento en cosecha como peso de planta entera.

4.4.1- Población de hembras dentro de las raíces

Esta variable no fue posible evaluarla, puesto que las raíces permanecieron tal vez en condiciones inadecuadas para su conservación. Se presentaron pudriciones y desprendimiento y desecación de agallas; es probable que el proceso de fijación no se haya realizado de la manera más apropiada, o las condiciones de almacenamiento de las raíces no hayan sido las adecuadas, puesto que se mantuvieron a temperatura ambiente. Es recomendable, tal vez, mantenerlas en refrigeración para evitar el crecimiento de hongos u otros saprófitos y seguir el proceso de tinción de una manera detallada.

4.4.2- Peso de raíz

No se presentaron diferencias estadísticas en peso seco de raíz para ninguno de los tratamientos; el valor más alto en peso se obtuvo con el tratamiento 1, o sea el fostiazato aplicado a 20kg ha^{-1} con un promedio de peso de raíz por planta de 1.642g, lo que da una diferencia de peso de 0.159g mas que el testigo, que tuvo un promedio de peso de raíz por planta de 1.483g . El tratamiento mas bajo fue el 3, o sea el fostiazato a 40kg ha^{-1} con una diferencia de 0.058g menos que el testigo, que a pesar de obtenerse con el primero los valores más bajos en conteos de nematodos, probablemente la dosis fue muy elevada y se pudo presentar una toxicidad como reportan Baldwin y Waldenmaier (1993), quienes al probar el fostiazato en papa observaron una reducción en el follaje del cultivo al utilizar dosis altas; al igual que Phipps y Eisenback (1994), que notaron ligeras quemaduras en el follaje de maní con fostiazato a dosis altas. Averre *et al* (1995) mencionan también una reducción de crecimiento con dosis de 4.5kg ha^{-1} de i.a. de fostiazato en un ensayo para controlar *M. incognita* en el cultivo de camote. El

Temik 15G[®] a 20kg ha⁻¹ promedió el mismo peso de raíz por planta que el testigo, con 1.483g. El tratamiento con fostiazato a 30kg ha⁻¹ tuvo un peso de raíz de 1.608g, lo que significa un promedio de 0.125g mas por planta en relación al testigo. Para el tratamiento con Furadan 5G[®] a 40kg ha⁻¹ el peso de raíz por planta en promedio alcanzó 1.550g, lo cual arroja 0.067g mas por planta que el testigo. La Figura 5 muestra el peso seco de raíz de todos los tratamientos.

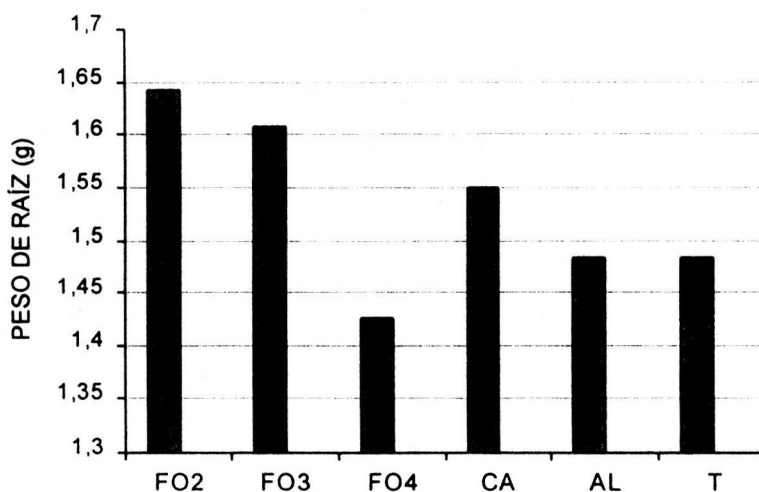


Figura 5. Peso seco promedio de raíz en parcelas de espinaca con tratamientos nematicidas. Chapingo, México. 1996.

4.4.3- Longitud de raíz

El tratamiento con longitud de raíz más baja fue el testigo con un promedio de 9.4cm; el valor más alto fue para el tratamiento 3 con 10.7cm lo que significa una diferencia de 1.3cm mas para el tratamiento 3, aunque estos valores no difieren significativamente entre ellos. Se puede afirmar que el parámetro longitud de raíz no es muy conveniente para medir el efecto de los nematicidas, puesto que como indican Quimí (1981) y Stone y Burrows (1985), el agallamiento por *N. aberrans* produce el desarrollo

de raíces laterales numerosas, lo que puede dificultar la evaluación correcta de este parámetro. En la Figura 6 se muestran las longitudes de raíz en promedio para todos los tratamientos.

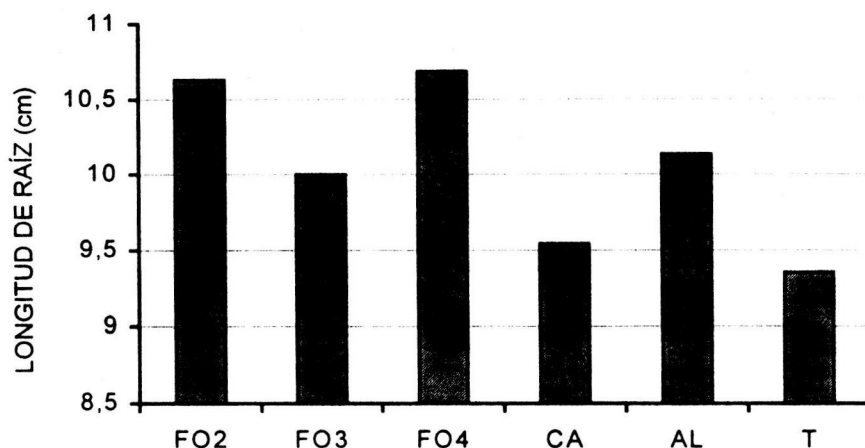


Figura 6. Longitud de raíz promedio por planta en parcelas de espinaca con tratamientos nematicidas. Chapingo, México. 1996.

4.4.4- Agallamiento de raíces

En número de agallas por planta (Cuadro 3) sí se presentaron diferencias significativas; los dos tratamientos con un número más bajo de agallas fueron el 1 y 3 que corresponden a fostiazato a dosis de 20 y 40kg ha⁻¹ respectivamente; estos tratamientos solamente fueron superiores significativamente al 4 y al 5, que corresponden a Furadan 5G[®] y al Temik 15G[®] a dosis de 40 y 20kg ha⁻¹ respectivamente; hay que mencionar que ningún tratamiento químico fue significativamente diferente al testigo. Puesto que el tratamiento 3 resultó en conteos de nematodos más bajos, se esperaba que resultara con un número de agallas inferior, lo que así sucedió. Todos los tratamientos con fostiazato resultaron en promedios de agallas mas bajos que el testigo, aunque no a niveles significativos. Estos resultados

difieren de los reportados por Phipps y Eisenback (1993), quienes mencionan que al evaluar el Vapam[®], Temik 15G[®], Mocap[®] y fostiazato para controlar *M. hapla* en maní, solamente el Vapam[®] logró disminuir significativamente el agallamiento. Baird y Huber (1994) reportan que el fostiazato redujo significativamente el agallamiento por *M. incognita* en tomate y Lawrence y McLean (1995a) lograron resultados similares con el mismo nematodo en melón; estos resultados son similares a los logrados en el presente ensayo.

Cuadro 3. Número de agallas causadas por *N. aberrans* en plantas de espinaca provenientes de parcelas tratadas con nematicidas. Chapingo, México. 1996. [†]

TRATAMIENTO Y DOSIS	NÚM. DE AGALLAS ¶	Diferencia con el Testigo §
1- (FO2) Fostiazato 10% granulado 20kg ha ⁻¹	16.7 a	-4.3
2- (FO3) Fostiazato 10% granulado 30kg ha ⁻¹	20.8 ab	-0.18
3- (FO4) Fostiazato 10% granulado 40kg ha ⁻¹	15.9 a	-5.03
4- (CA) Carbofuran 5% granulado 40kg ha ⁻¹	23.9 b	3
5- (AL) Aldicarb 15% granulado 20kg ha ⁻¹	23.5 b	2.5
6- (T) Testigo sin tratar	20.9 ab	-----

[†] Promedio de 4 repeticiones.

¶ Promedios seguidos por letras iguales no son significativamente diferentes según la prueba de rango múltiple de Duncan (P= 0.05).

§ Números negativos indican número de agallas por debajo del testigo, en promedio; números positivos indican número de agallas por encima del testigo, en promedio.

4.4.5- Rendimiento de espinaca

Uno de los parámetros más frecuentemente utilizados para evaluar tratamientos de nematicidas es el rendimiento en cosecha. Para esta variable, (Cuadro 4), se tomó el peso de planta entera, puesto que es de esta forma como se comercializa la espinaca en

el mercado nacional (Valadez, 1994). En el ensayo los resultados indican un mejor desempeño del nematicida fostiazato para este parámetro, pues los tratamientos 1 y 2 que corresponden a fostiazato con dosis de 20 y 30kg ha⁻¹ fueron significativamente superiores al testigo con diferencias de 192.7 y 230.95g por parcela respectivamente en relación a este último. El tratamiento 2 además fue significativamente diferente al 4, que corresponde a Furadan 5G[®] con dosis de 20kg ha⁻¹. Ninguno de los otros tratamientos químicos fue diferente al testigo. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Johnson (1994c) en tabaco, quien logró rendimientos significativamente diferentes con fostiazato al evaluarlo contra *G. tabacum solanacearum*; así como Melton *et al* (1994a) que reportan incrementos en rendimiento de tabaco con fostiazato y Temik[®], aunque en el presente ensayo este último nematicida no logró incrementar el rendimiento en relación al testigo. Lawrence y McLean (1995a) al evaluar el control de *M. incognita* en melón Cantaloupe mencionan un aumento en los rendimientos en cosecha al utilizar el fostiazato 7.5EC y 10G. Estos mismos investigadores lograron resultados similares contra el nematodo *R. reniformis* en el cultivo de algodón con dosis de 4.5kg ha⁻¹ de i.a. Molina (1995) logró rendimientos altos con el fostiazato a 2kg ha⁻¹ de i.a. en papa contra el nematodo *G. rostochiensis*. Lo anterior confirma el hecho que el fostiazato puede ser utilizado contra diferentes tipos de nematodos entre los que se mencionan agalladores como *N. aberrans* y *Meloidogyne* spp., también enquistados como especies de *Globodera* y nematodos reniformes como *R. reniformis*.

Con relación al rendimiento por área, SAGAR (1995) reporta que para ese año el rendimiento promedio nacional de espinaca fue de 12.04 ton ha⁻¹. En el presente experimento el rendimiento más bajo (Testigo) obtuvo un promedio de 13.6 ton ha⁻¹

muy similar a lo reportado para la zona del Distrito Federal con 13.02 ton ha⁻¹, que se encuentra aledaña a la zona de Chapingo. El mejor tratamiento fue el 2 (fostiazato a 30kg ha⁻¹) con un promedio de 17.5 ton ha⁻¹, es decir, poco más de 5 ton ha⁻¹ por encima del promedio nacional y 3.9 ton ha⁻¹ mas que el testigo del presente ensayo.

Cuadro 4.- Rendimiento en cosecha de parcelas de espinaca bajo diferentes tratamientos nematocidas. Chapingo, México. 1996. †

TRATAMIENTOS Y DOSIS	RENDIMIENTO ¶	
	g parc ⁻¹	Ton ha ⁻¹
1- (FO2) Fostiazato 10% granulado 20kg ha ⁻¹	1009.75 ab	16.8 ab
2- (FO3) Fostiazato 10% granulado 30kg ha ⁻¹	1048.00 a	17.5 a
3- (FO4) Fostiazato 10% granulado 40kg ha ⁻¹	948.00 abc	15.8 abc
4-(CA) Carbofuran 5% granulado 40kg ha ⁻¹	881.35 bc	14.7 bc
5- (AL) Aldicarb 15% granulado 20kg ha ⁻¹	958.25 abc	15.9 abc
6- (T) Testigo sin aplicación	817.05 c	13.6 c

† Promedio de cuatro repeticiones.

¶ Promedios seguidos por letras iguales no son diferentes significativamente según la prueba de rango múltiple de Duncan (P= 0.05).

Según Brodie *et al* (1993), en Sudamérica se ha logrado incrementar el rendimiento en papa con nematocidas organofosforados para el control de *N. aberrans* hasta en un 40% pero sin reducir el daño por agallamiento, lo que se asemeja a los resultados en este ensayo, puesto que el tratamiento con fostiazato a dosis de 30kg ha⁻¹ incrementó en un 22% el rendimiento en relación al testigo sin tratar, sin embargo, entre estos dos tratamientos no hubo diferencias significativas en la variable agallamiento. Esto se podría explicar por la razón que al principio del período de cultivo las plantas que se encuentren tratadas con nematocidas desarrollarán en condiciones más apropiadas

que las que no se trataron, puesto que el agallamiento no será tan severo desde el principio. Posteriormente y cuando el efecto del nematicida esté cesando, estas plantas tratadas se verán agalladas por los nematodos que no fueron controlados, pero al ser un agallamiento tardío el rendimiento de las parcelas tratadas será mayor que el de parcelas sin tratar, que sufrieran un agallamiento desde etapas tempranas de crecimiento.

En los resultados en cuanto al control químico de *N. aberrans* se pueden observar algunas contradicciones, como es visto en estudios para otros géneros de nematodos; se mencionó que las investigaciones relacionadas con el control de este nematodo no son abundantes y que se piensa reaccione de la misma manera al control químico que los géneros de *Meloidogyne*.

Los resultados de este ensayo demuestran que por alguna razón no establecida *N. aberrans* no fue controlado positivamente por los nematicidas tradicionales como son el aldicarb (Temik 15G[®]) y el carbofuran (Furadan 5G[®]) tanto en el renglón de población de nematodos como en el rendimiento en cosecha; mostrando mejores resultados el fostiazato 10G. Se podría establecer en ensayos posteriores un programa de control en el que se viera evaluado este producto a niveles comerciales y en cultivos de exportación que se vean afectados por el daño de *N. aberrans*.

V.- CONCLUSIONES

- 1- La dosis de fostiazato a 20kg ha^{-1} incrementó en un 19% el rendimiento en relación al testigo; esto equivale a 4.8 ton ha^{-1} por encima del promedio nacional.
- 2- El rendimiento en cosecha fue incrementado significativamente en un 22% por el fostiazato a dosis de 30kg ha^{-1} en relación al testigo y al carbofuran (Furadan 5G[®]) a 40kg ha^{-1} . Se obtuvieron rendimientos superiores al promedio nacional en 5.5 ton ha^{-1} con el uso del fostiazato a la dosis mencionada.
- 3- La población del nematodo solo se vio reducida significativamente en la variable hembras preadultas en el suelo, por el nematicida fostiazato a dosis de 40kg ha^{-1} ; la población total del nematodo no se redujo significativamente con ninguno de los nematicidas al comparar con el testigo.
- 4- De los nematicidas evaluados, (aldicarb, carbofuran y fostiazato) ninguno redujo significativamente el agallamiento por *N. aberrans* en relación al testigo no tratado.
- 5- Las variables peso y longitud de raíz no se vieron afectadas por ninguno de los tratamientos.
- 6- El material experimental (espinaca variedad Virofly) se vio severamente afectado desde etapas tempranas por *N. aberrans*, puesto que a los 20 días después de la siembra ya se encontraron plantas con agallamiento.

VI.- RECOMENDACIONES

- 1.- Se sugiere realizar pruebas comparativas con fostiazato a nivel de campo en cultivos de exportación que se vean afectados por nematodos agalladores, entre los cuales pudiera estar involucrado *Nacobbus aberrans*. Entre estos cultivos se encuentra el jitomate y chile, que ocupan un renglón importante dentro de los rubros de exportación agrícola de México.
- 2.- Establecer ensayos en los cuales se tome en cuenta el análisis económico para las diferentes dosis de fostiazato y así poder definir si el incremento en dosis y sus consecuencias son de relevancia y beneficio, tanto en el renglón de control de fitonematodos como en el de aumento en rendimientos en los diferentes cultivos en que se evalúe dicho nematicida.
- 3.- Evaluar residualidad del fostiazato en diferentes cultivos, sobre todo en los de consumo fresco, para así poder establecer su potencial de uso sin poner en peligro la salud de los consumidores de productos tratados con este nematicida.

VII.- LITERATURA CITADA

- Averre, C.W., K.R. Barker and J.G. Driver. 1995. Sweetpotato root-knot nematocide evaluation. *Fungicide and Nematicide Tests* 50:203.
- Baird, R.E. and D.M. Huber. 1994. Evaluations of the nematicide fosthiazate and growth hormone Double' for control of root-knot nematode on tomato. *Fungicide and Nematicide Tests* 49:192.
- Baldwin, R.E and C.M Waldenmaier. 1993. Evaluation of the experimental nematicide ASC-66824 (fosthiazate) for control of lesion nematode on white potato. *Fungicide and Nematicide Tests* 48:212.
- Barker, K.R., J.L. Townshend, G.W. Bird, I.J. Thomason and D.W. Dickson. 1986. Determining nematode population responses to control agents. *In: Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens*. K.D. Hickey (ed.). APS. pp: 283-296.
- Bridge, J, S. Page and S. Jordan. 1982. An improved method for staining nematodes in roots. Report of Rothamsted Experimental Station, Part 1:171.
- Brodie, B.B. 1984. Nematode parasites of potato. *In: Plant and Insect Nematodes*. W. Nickle (ed.). USDA. pp: 199-203.
- Brodie, B.B., K. Evans and J. Franco. 1993. Nematode parasites of potato. *In: Plant parasitic nematodes in temperate agriculture*. K. Evans, D.L. Trudgill and J.M. Webster (eds.). CAB International. pp: 87-132.
- Brunner de Magar, P. 1967. "Jicamilla" del chile causada por un nuevo nematodo y obtención de fuentes de resistencia. Tesis de Maestría en Ciencias en Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. 45 pp.
- Caballero E., L. y A.M. Mondragón. 1987. Cuatro fechas de siembra e histopatología de tres variedades de espinaca (*Spinacia oleracea*) al ataque del nematodo falso agallador (*Nacobbus aberrans*) (Thorne & Allen, 1944). Tesis de Ing. Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. México. 106 pp.

- Cepeda S., M. 1996. Nematología Agrícola. Editorial Trillas. México. 305 pp.
- Christie, J.R. 1970. Nematodos de los vegetales, su ecología y control. Editorial LIMUSA, México. 275 pp.
- Cid del Prado-Vera, I. 1985. Ciclo de vida de *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne & Allen, 1944. In: Fitonematología Avanzada I. N. Marbán-Mendoza e I.J. Thomason (comps.). Colegio de Postgraduados, México. pp: 57-65.
- Courtney, W.D., D.I. Polley and V.L. Miller. 1955. TAF, an improved fixative in nematode technique. Plant Disease Reporter 39:570-571.
- Cremlyn, R.J. 1980. Pesticides: preparation and mode of action. John Wiley & sons (eds.). U.K. 240 pp.
- Cutipa, F., W. Cornejo y V. Huaco. 1975. Plantas hospederas del falso nematodo del nudo (*Nacobbus* sp.). Fitopatología 10(2):74.
- Doucet, M.E., E.L. Ponce de León y J. Franco. 1994. *Spergula arvensis* y su asociación con *Nacobbus aberrans* en el cultivo de papa en Bolivia. Nematropica 24(1):69-72.
- Dunn, R.A. and J.W. Noling. 1995. Nematicides registered and commonly used in Florida. Document RF-NG010, Department of Entomology, University of Florida. 8 pp.
- Equihua P., E.A. 1977. Control químico de *Nacobbus* sp. Thorne & Allen, en cultivo de Chile. Tesis de Ing. Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, México. 54 pp.
- Franco, F.E. y N. Marbán-Mendoza. 1983. Efecto terapéutico de tres nematocidas sistémicos sobre el nematodo *Nacobbus aberrans* en plantas de jitomate en invernadero. Nematropica 13(2):112.
- Franklin, M. 1959. *Nacobbus serendipiticus* n.sp., a root-galling nematode from tomatoes in England. Nematologica 4:286-293.
- Gómez, R.O. 1991. Efecto del cempazúchil asociado con jitomate en *Nacobbus aberrans* e insectos transmisores de virus. Tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal. Universidad Autónoma Chapingo. México. 83 pp.
- Inserra, R.N., G.D. Griffin, N. Vovlas, J.L. Anderson and E.D. Keer. 1984. Relationship between *Heterodera schachtii*, *Meloidogyne hapla* and *Nacobbus aberrans* on sugarbeet. Journal of Nematology 16(2):135-140.

- Inserra, R.N., N. Vovlas, G.D. Griffin and J.L. Anderson. 1983. Development of the false root-knot nematode, *Nacobbus aberrans*, on sugarbeet. *Journal of Nematology* 15(2):288-296.
- ISK Biosciences de México, S.A. de C.V. 1996. ASC-66824, nematicida experimental, información técnica. 12 pp.
- Jara, A., B. Zerón y S. Tovar. 1990. Malezas como posibles reservorios de *Nacobbus aberrans* en diversos cultivos de Actopan, Hidalgo, Méx. *Agrociencia* 1(1):153-157.
- Jatala, P. 1985. El nematodo falso nodulador de la raíz: *Nacobbus* sp. In: *Fitonematología Avanzada I*. N. Marbán-Mendoza e I.J. Thomason (comps.). Colegio de Postgraduados, México. pp: 47-55.
- Jatala, P. and M.M. de Scurrah. 1975. Mode of dissemination of *Nacobbus* sp. in certain potato-growing areas of Peru and Bolivia. *Journal of Nematology* 7(4):324-325.
- Jatala, P. and R. Kaltenbach. 1979. Survival of *Nacobbus aberrans* in adverse conditions. *Journal of Nematology* 11(4):303.
- Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48:692.
- Johnson, C.S. 1993. Control of tobacco cyst nematodes on flue-cured tobacco in Virginia. *Fungicide and Nematicide Tests* 48:125.
- Johnson, C.S. 1994a. Fumigation vs. contact nematicides for control of tobacco cyst nematodes in Virginia. *Fungicide and Nematicide Tests* 48:185.
- Johnson, C.S. 1994b. Control of tobacco cyst nematodes on flue-cured tobacco in Virginia. *Fungicide and Nematicide Tests* 48:186.
- Johnson, C.S. 1994c. Fumigant vs. contact nematicides for tobacco cyst nematode control in Virginia. *Fungicide and Nematicide Tests* 49:187.
- Johnson, C.S. 1995. Control of tobacco cyst nematodes on flue-cured tobacco in Virginia. *Fungicide and Nematicide Tests* 50:207.
- Lawrence, G.W. and K.S. McLean. 1995a. Efficacy of fosthiazate on root-knot nematode on cantaloupe. *Fungicide and Nematicide Tests* 50:186.
- Lawrence, G.W. and K.S. McLean. 1995b. Reniform nematode management on cotton with fosthiazate. *Fungicide and Nematicide Tests* 50:197.
- Lawrence, G.D. and K.S. McLean. 1996a. Reniform nematode management on cotton with fosthiazate. *Fungicide and Nematicide Tests* 51:182.

- Lawrence, G.D. and K.S. McLean. 1996b. Chemical management of the reniform nematode on sweetpotato. *Fungicide and Nematicide Tests* 51:190.
- Maggenti, A.R., M. Luc, D.J. Raski, R. Fortuner and E. Geraert. 1987. Reappraisal of Tylenchina. 2. Suborder Tylenchina. *Revue de Nematologie* 10(2):135-142.
- Mai, F.W., B.B. Brodie, M.B. Harrison and P. Jatala. 1981. Nematodes. *In: Compendium of potato diseases*. APS. W.J. Hooker (ed.). pp: 93-101.
- Marbán-Mendoza, N. 1985. Quimioterapia en nematodos. *In: Fitonematología Avanzada I*. N. Marbán-Mendoza e I.J. Thomason (comps.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. pp: 259-286.
- Marbán-Mendoza, N., H. Santacruz U. y P. Alatorre. s.f.a. Estudio sobre el nematodo falso nodulador *Nacobbus aberrans*; rango de hospedantes y patogenicidad en cultivo de alegría (*Amaranthus hypocondriacus*). Ponencia 41. *In: Resúmenes de Avances de Investigación*. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Marbán-Mendoza, N., V. Zamudio G. y L.M. Marroquín A. s.f.b. Manejo de nematodos asociados al jitomate con nematicidas, variedades resistentes y mejoradores del suelo en Valsequillo, Pue. Ponencia 76. *In: Resúmenes de Avances de Investigación*. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Melton, T.A., D. Porter and K. Wood. 1994a. Evaluation of fungicide and nematicide combinations for the control of root-knot and black shank. *Fungicide and Nematicide Tests* 49:190.
- Melton T.A., K. Wood and D. Porter. 1994b. Comparison of fosthiazate to commonly used nonfumigant and fumigant nematicides. *Fungicide and Nematicide Tests* 49:188.
- Melton T.A., K. Wood and D. Porter. 1995. Evaluation of nematicides during the second year of use for southern root-knot. *Fungicide and Nematicide Tests* 50:208.
- Molina P., A.R. 1995. Control químico del nematodo dorado de la papa (*Globodera rostochiensis*, Woll, 1923) Mulvey & Stone, 1976, en Villarreál, Tlaxcala. Tesis de Ing. Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. México. 68 pp.
- Montes, B.R. 1973. Influencia de los abonos orgánicos en la ecología e infectividad de *Nacobbus serendipiticus* en tomate. Tesis de Maestría en Ciencias en Fitopatología, Chapingo, México. 78 pp.
- Nematicide Reports. 1996. *Fungicide and Nematicide Tests* 51:427.

- Netscher, C. And R.A. Sikora. 1990. Nematode parasites of vegetables. *In*: Plant parasitic nematodes in tropical and subtropical agriculture. M. Luc, R.A. Sikora and J. Bridge (eds.). CAB International. U.K. 613 pp.
- O'Hara, C.M. and P. Jatala. 1985. Ultrastructure of *Meloidogyne*, *Globodera* and *Nacobbus* egg shells as related to the activities of biocontrol fungi. *Journal of Nematology* 17(4):508.
- Orr, C.C. 1986. Plant responses in the evaluation of nematode control agents. *In*. Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens. K.D. Hickey (ed.) pp: 297-299.
- Phipps, P.M. and J.D. Eisenback. 1993. Response of peanut to fumigant and granular nematicides at the Jesse D. Williams farm in Suffolk. *Fungicide and Nematicide Tests* 48:211.
- Phipps, P.M. and J.D. Eisenback. 1994. An evaluation of chemicals for control of thrips, nematodes and *Cylindrocladium* black rot in peanut. *Fungicide and Nematicide Tests* 49:182.
- Quimí, V.H. 1981a. Ciclo biológico y comportamiento de *Nacobbus aberrans*. *Nematropica* 11(2):86.
- Quimí, V.H. 1981b. Estudio histopatológico del parasitismo de *Nacobbus aberrans*. *Nematropica* 11(2):87.
- SAGAR. 1995. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. México. pp: 230-233.
- Sher, S.A. 1970. Revision of the Genus *Nacobbus* Thorne & Allen, 1944. (Nematoda: Tylenchoidea). *Journal of Nematology* 2(3):228-235.
- Sosa-Moss, C., A. López P. y A. Jarquín. s.f. Reacción histológica de las raíces de frijol y tomate a la infección por *Meloidogyne incognita* raza 1 y *Nacobbus aberrans*. Ponencia 14. *In*: Resúmenes de Avances de Investigación. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Stone A.R. y P.R. Burrows. 1985. C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes. Set 8, núm. 119.
- Thomason, I.J. 1985. Nematicides. *In*: Fitonematología Avanzada I. N. Marbán-Mendoza e I.J. Thomason (comps.). Colegio de Postgraduados, México. pp: 235-257.
- Thorne, G. 1961. Principles of Nematology. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. (ed.). 553 pp.

- Toledo, J.C., C. Sosa-Moss y E. Zavaleta M. 1993. Gama de hospederos de cinco poblaciones mexicanas de *Nacobbus aberrans*. *Nematropica* 23(1):105-108.
- Valadez L., A. 1994. Producción de hortalizas. Editorial LIMUSA. México. pp: 127-134.
- Ware, G.W. 1982. Pesticides, theory and application. W.H. Freeman and Company (eds.). 308 pp.
- Wright, D.J. 1981. Nematicides: mode of action and new approaches to chemical control. *In*: Plant parasitic nematodes, vol. III. B.M. Zuckerman and R.A. Rhode (eds.). Academic Press, USA. pp: 421-449.
- Zamudio, V. y N. Marbán-Mendoza. 1983. Control de nematodos en el cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) en el valle de Valsequillo, Puebla, México. *Nematropica* 13(2):123.

VIII.- ANEXOS

Anexo 1. - Composición del tejido foliar de la planta de espinaca [†].

Agua	90.7%	Fe	3.0mg
Proteínas	3.6g	Na	71.0mg
Carbohidratos	0.8g	K	470.0mg
Ca	107mg	Ácido ascórbico	59.0mg
P	66mg	Vitamina A	9420UI

[†] Cantidad por 100g de tejido. Tomado de Valadez (1994).

Anexo 2.- Objetivos de prueba establecidos para el nematicida fostiazato por la compañía ISK Biosciences. 1996.

CULTIVO	NEMATODOS	DOSIS (Kg de i.a ha ⁻¹)
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	<i>Meloidogyne incognita</i>	2.24-3.36
Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>)	<i>M. arenaria</i> , <i>M. incognita</i>	2.24-3.36
Maní (<i>Arachis hypogaea</i>)	<i>M. arenaria</i> , <i>M. hapla</i>	1.68-3.36
Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	<i>Globodera rostochiensis</i>	2.24-3.36
Soya (<i>Glycine max</i>)	<i>Heterodera glycines</i> , <i>M. arenaria</i>	1.68-3.36
Banano (<i>Musa</i> spp.)	<i>Radopholus similis</i>	2.24-3.36
Cítricos (<i>Citrus</i> spp.)	<i>R. similis</i> , <i>Tylenchulus semipenetrans</i>	2.24-3.36

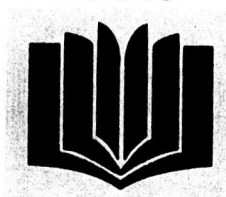
Anexo 3.- Precipitación pluvial y temperatura registradas en la zona de Chapingo en 1996.[†]

MES	LLUVIA (mm) [¶]	Temp. promedio (°C)
Enero	0.0	14.8
Febrero	0.0	17.5
Marzo	12.2	18.4
Abril	28.4	20.0
Mayo	9.7	21.9
Junio	55.1	19.3
Julio	119.0	19.2
Agosto	132.0	18.2
Septiembre	167.5	18.8
Octubre	22.4	17.8
Noviembre	0.0	16.0
Diciembre	23.5	15.6
Total	569.8	Prom=18.1

[†] Datos proporcionados por la unidad meteorológica de la UACH.

[¶] Total acumulado mensual.

TESIS



Y
ENCUADERNACIONES

"Johnny"

REP. DE CUBA No. 99
DESP. 3 1er. PISO
CENTRO HISTORICO
TEL. 510-38-49

