

## EFFECTO DE LA INCORPORACION DE PLANTAS ANTAGONICAS SOBRE LA ACTIVIDAD PARASITICA DEL NEMATODO DEL NUDO DE LA RAIZ *Meloidogyne hapla* EN UN CULTIVO DE ZANAHORIA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO\*<sup>1</sup>

### Effect of the incorporation of antagonistic plants on the parasitic activity of the root-knot nematode *Meloidogyne hapla* in a greenhouse carrot crop

César G. Alvarez<sup>2</sup>, Enrique Torres<sup>3</sup> y Raf de Vis<sup>4</sup>

#### RESUMEN

En el Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales (CIAA) de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, localidad de Chía (Cundinamarca), se llevó a cabo un ensayo bajo condiciones de invernadero para evaluar el efecto de la incorporación de material vegetal fresco proveniente de siete especies de plantas (*Tagetes zipaquirensis*, *T. erecta*, *Brassica campestris*, *Bidens pilosa*, *Ruta graveolens*, *Taraxacum officinale* y *Ricinus communis*) sobre el rendimiento y calidad comercial de un cultivo de zanahoria (*Daucus carota*) var. Mokum y sobre la densidad poblacional del nemátodo del nudo de la raíz *Meloidogyne hapla* y la intensidad de la nodulación asociada con su establecimiento sobre plantas de zanahoria. No se encontraron diferencias significativas en cuanto al rendimiento biológico de la zanahoria, pero los tratamientos con *R.*

*graveolens* y *T. officinale* mostraron la mayor producción de zanahoria comercial (3070 g.m<sup>-2</sup> y 2270 g.m<sup>-2</sup>) con diferencias significativas respecto al testigo (1090 g.m<sup>-2</sup>). Las densidades poblacionales finales de juveniles infectivos [J<sub>2</sub>] de *M. hapla* fueron significativamente más bajas en los tratamientos con *R. communis*, *T. officinale*, *B. campestris* y *T. erecta* (65-130 J<sub>2</sub>/100 g de suelo) que en el testigo (435 J<sub>2</sub>/100 g de suelo). En la nodulación se encontraron diferencias significativas entre el testigo (5.0 nudos/ápice de zanahoria) y los demás tratamientos (1,9-2,6 nudos/ápice de zanahoria).

**Palabras claves:** Hortalizas, control integrado, alelopatía, nemátodos fitoparásitos, cultivos protegidos.

#### SUMMARY

A trial was conducted at the Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales (CIAA) of the Universidad Jorge Tadeo Lozano, Chía (Cundinamarca) under greenhouse conditions to assess the effect of incorporating fresh above-ground material of seven plant species (*Tagetes zipaquirensis*, *T. erecta*, *Brassica campestris*, *Bidens pilosa*, *Ruta graveolens*, *Taraxacum officinale* and *Ricinus communis*) on the yield and commercial quality of a carrot (*Daucus carota*) crop var. Mokum, on the population density of *Meloidogyne hapla* and on the

\* Recibido en Enero de 1998

- 1 Contribución del Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Apartado Aéreo 14490, Bogotá, y del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales de la Universidad J. T. Lozano, Apartado Aéreo 140196, Chía
- 2 Ingeniero Agrónomo
- 3 Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia
- 4 Coordinador Area Control Biológico, CIAA, Universidad J. T. Lozano

intensity of root-knotting of carrot. No significant differences were detected in the biological yield of carrot plants, but commercial average production obtained from plots treated with *R. graveolens* and *T. officinale* were the highest (3070 g.m<sup>-2</sup> and 2270 g.m<sup>-2</sup>) and significantly different from the control plots (1090 g.m<sup>-2</sup>). Final average population densities of infective second-stage juveniles [J<sub>2</sub>] of *M. hapla* were significantly lower in the plots treated with *R. communis*, *T. officinale*, *B. campestris* and *T. erecta* (65-130 J<sub>2</sub>/100 g of soil) than in the control plots (435 J<sub>2</sub>/100 g of soil). Significant differences were detected between root-knotting intensity of control plots (5.0 knots per root tip) and the averages of other treatments (1.9-2.6 knots per root tip).

**Key words:** Vegetables, integrated pest management, allelopathy, plant parasitic nematodes, protected crops.

## INTRODUCCION

Dentro de los problemas fitopatológicos que han cobrado mayor importancia en los últimos años a nivel nacional se encuentran los nemátodos, los cuales son particularmente problemáticos en cultivos de flores, palma africana y algunas hortalizas.

En ese contexto, surge la necesidad de evaluar medidas alternativas de reducción de las densidades poblacionales de los nemátodos fitoparásitos tales como la incorporación al suelo de material vegetal con efectos antagónicos a estos nemátodos.

Tales alternativas se justifican particularmente para *Meloidogyne*, el género de nemátodos fitoparásitos de mayor importancia económica a nivel mundial. Cuando se calcula en 12,5 % las pérdidas ocasionadas por todos los nemátodos fitoparásitos, poco menos de la mitad (5 %) es directamente atribuible al género *Meloidogyne* (Eisenback y Triantaphyllou, 1991). Además, *Meloidogyne* es el género con la más amplia distribución geográfica y cuenta con el rango más amplio de

hospedantes (2200 especies de plantas). Cuatro de las cerca de 60 especies estudiadas, se destacan como las más importantes en todo el mundo: *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla* (Taylor, 1968).

Dentro de los antecedentes en el control de nemátodos con plantas antagónicas puede citarse a Hasan (1992) quien afirma que algunas plantas producen sustancias aleloquímicas con acción nematóxica que se liberan en el suelo como resultado de volatilización, exudación radicular o descomposición.

Muchos investigadores, entre los cuales figuran Huang (1984), Akhtar *et al.*, (1990), Eisenback y Triantaphyllou (1991), Hasan (1992) y Camelo (1994), han estudiado el efecto de plantas en forma de extractos, en rotación con cultivos tolerantes, intercaladas o incorporadas en el suelo, sobre las poblaciones de *Meloidogyne* y los cultivos susceptibles a este nemátodo. En general, los resultados de este tipo de estudios muestran la viabilidad de usar plantas antagónicas en el control de *Meloidogyne*. En el caso de los extractos, Navarro (1997) informa de la actividad nematocida contra *Meloidogyne* spp. de los extractos de ruda de Castilla (*Ruta graveolens* L.), chipaca (*Bidens pilosa* L.) y diente de león (*Taraxacum officinale* L.) en pruebas de laboratorio. Por su parte, Camelo (1994) encontró actividad nematocida de la maleza nativa "Ruda gallinaza", *Tagetes zipaquirensis* H.K.B. en juveniles de *Meloidogyne* sp.

Con respecto a las rotaciones, Huang (1984) encontró que cuando se cultivaba *Tagetes patula* L. durante cuatro meses antes de la siembra de zanahoria, se disminuían las densidades poblacionales de *M. javanica* en un 90% para el primer ciclo de zanahoria, aumentando el rendimiento de la zanahoria comercializable.

Respecto al intercalado, Montiel *et al.* (1995) encontraron que la siembra asociada de *Tagetes* spp. con guayabo (*Psidium guajaba* L.) redujo la densidad de *Meloidogyne* spp. en 85,6 %, y el grado de

nudosidad de las raíces del guayabo en 91,9%. Estrada y Peláez (1982) observaron que la siembra intercalada de *T. patula* con tomate disminuyó de manera significativa la densidad de *Meloidogyne* sp. y la incidencia de su ataque en el tomate.

En lo concerniente a la incorporación, Hasan (1992) hace referencia a observaciones de otros autores en el sentido que la adición de plantas picadas de higuierilla (*Ricinus communis*), mahua (*Madhuca butyracea*), margosa o neem (*Azadirachta indica* A. Juss.), mostaza (*Brassica campestris* L.) y maní (*Arachis hypogaea*) al suelo suprimió las poblaciones de *M. incognita* y redujo el grado de nudosidad en raíces de espinaca. De otra parte, Akhtar *et al.* (1990) encontraron que la adición al suelo de hojas picadas de *Melia azedarach* L., *Calotropis procera* R. Br., higuierilla, buchón de agua (*Eichornia crassipes* Mart.) y neem a 110 kg.ha<sup>-1</sup> redujo la reproducción de varias especies de *M. incognita* y otros nemátodos fitoparásitos en un cultivo de frijol mungo. Las hojas de *C. procera* ofrecieron la máxima eficacia seguidas de las hojas de buchón, neem, *M. azedarach* e higuierilla. Los autores concluyen que el potencial de estas enmiendas orgánicas para controlar a los nemátodos fitoparásitos puede atribuirse a la toxicidad de los productos de descomposición, al incremento en la predación contra los nemátodos, o a la actividad parasítica de los habitantes del suelo. Además, sugieren que estas enmiendas pueden provocar cambios en las propiedades físicas o químicas del suelo que inhiben a los nemátodos, o incrementan la resistencia del hospedante.

## MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en un invernadero del CIAA, con una temperatura promedio de 15 °C y una humedad relativa del 80%, bajo un diseño completamente al azar de nueve tratamientos con cuatro repeticiones. Cada repetición o unidad experimental consistía en una cama cuadrada de 1 m<sup>2</sup> y 25 cm de altura elaborada con cuatro estacas de madera, alambre y polietileno. El suelo depositado en cada

cama provino de un invernadero con infestación del nemátodo y fue homogenizado mediante volteo con pala. La textura de este suelo era franco-arcilloso, con pH 5,8 y disponibilidad adecuada de macro y microelementos para el cultivo, según lo mostró el análisis de caracterización.

La parte aérea (hojas, tallos, flores y frutos) del material vegetal de las especies que se detallan adelante se picó mediante una picadora "Tornometal", y se incorporó a la dosis de 1000 g.m<sup>-2</sup>. Las especies utilizadas fueron higuierilla, chipaca, ruda de Castilla, diente de león, "amapola" (*Tagetes erecta* L.), mostaza, y ruda gallinaza. Se aplicaron dos dosis de higuierilla (1000 y 500 g.m<sup>2</sup>) para evaluar la posible fitotoxicidad de este material en la zanahoria, dado que existían antecedentes de este efecto en otros cultivos (Navarro, 1997). Las plantas fueron identificadas en el Herbario Nacional Colombiano.

Diez días después de la incorporación se procedió a sembrar 4 surcos de zanahoria var. Mokum en cada unidad experimental. La razón de sembrar diez días después de la incorporación fue permitir la descomposición del material, por lo cual, durante ese período de tiempo el suelo se mantuvo húmedo mediante riego.

Al final de las 12 semanas del ciclo de cultivo de la zanahoria, se determinaron las siguientes variables en cada unidad experimental:

- Nodulación: Número de nudos por ápice de zanahoria (promedio de una muestra de 32 zanahorias)
- Rendimiento (peso fresco de calidad comercial) expresado en g.m<sup>-2</sup>: El rendimiento total es el peso de todas las zanahorias cosechadas. El rendimiento de primera (1ª) es el peso de las zanahorias con longitud igual o superior a 10 cm, diámetro (se considera la parte más gruesa) igual o superior a 1,9 cm y peso mayor a 10 g. El rendimiento de segunda (2ª) es el peso de las zanahorias con longitud entre 5 y 9,9 cm, diámetro entre 1,4 y 1,8 cm y peso entre 5 y 9,9 g. El rendimiento de tercera (3ª) es el

peso de las zanahorias no comerciales. El rendimiento de zanahoria comercial es la suma de los rendimientos de 1ª y 2ª

- Densidad poblacional de *M. hapla*: Corresponde al número de juveniles ( $J_2$ ) de *M. hapla* en 100 g de suelo usando como método de extracción el embudo de Baermann.

Los datos de la variable densidad poblacional se transformaron a  $\log(x)$  y los de las demás variables a  $\sqrt{x}$ , con el fin de acercarlos a los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad de errores. Se hizo un ANAVA para cada variable con los datos transformados y se hizo una prueba de Duncan para detectar diferencias entre los tratamientos.

## RESULTADOS

Los resultados se presentan en el Cuadro 1. Para la variable de nodulación, la prueba de Duncan detectó diferencias significativas entre el testigo (5,0 nudos por ápice de zanahoria) y los demás tratamientos (1,9 a 2,8 nudos por ápice de zanahoria). Se des-

tafan la ruda de Castilla y la higuierilla aplicada a la dosis de 1.0 kg.m<sup>-2</sup>, como los tratamientos que presentaron menor nodulación.

El promedio general de rendimiento para el ensayo fue de 5400 g.m<sup>-2</sup>. No se detectaron diferencias significativas en el rendimiento total aunque la "Amapola" y el testigo presentaron los menores valores en esta variable.

En el caso del rendimiento de zanahoria de 1ª, la prueba de Duncan establece diferencias significativas entre la ruda de Castilla y la "amapola" respecto al testigo, mientras que para la variable rendimiento de zanahoria de 2ª se encuentran diferencias significativas de los tratamientos ruda de Castilla y diente de león con respecto al testigo. Al considerar el rendimiento comercial, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ruda de Castilla y diente de león con respecto al testigo. En todos los casos se observa siempre una mayor proporción de zanahoria de segunda que de primera.

**Cuadro 1.** Resultados generales del ensayo de control del nemátodo del nudo de la raíz de la zanahoria mediante la incorporación de material vegetal. Promedio de cuatro repeticiones.

Tratamiento	Nudos por ápice de zanahoria	Rendimiento total g.m. <sup>-2</sup>	1a. clase g.m. <sup>-2</sup>	2a. clase g.m. <sup>-2</sup>	Rendimiento comercial g.m. <sup>-2</sup>	3a. clase g.m. <sup>-2</sup>	Nemátodos por 100 g. de suelo
Testigo	5.0	4930	300	780	1080	3850	435
<i>Ricinus communis</i> 0.5	2.8 *	5400	480	570	1050	4330	127 *
<i>R. communis</i> 1.0	1.9 *	5800	680	1470	2150	3660	71 *
<i>Bidens pilosa</i>	2.3 *	5750	240	1060	1300	4450	234
<i>Taraxacum officinale</i>	2.6 *	5220	650	1620 *	2270 *	2950	67 *
<i>Tagetes erecta</i>	2.0 *	4700	960	1150	2090	2620	102 *
<i>T. zipaquirensis</i>	2.6 *	5830	610	1180	1790	4040	198
<i>Ruta graveolens</i>	2.0 *	5700	1050 *	2020 *	3070 *	2480 *	162
<i>Brassica campestris</i>	2.0 *	5170	560	1160	1730	3440	77 *

Los tratamientos marcados con asteriscos (\*) son diferentes al testigo a un nivel de significancia del 5% en la prueba de Duncan.

Los mayores valores en el rendimiento de zanahoria de 3ª se presentan para los tratamientos chipaca, higuierilla 500 g.m<sup>2</sup>, higuierilla 1000 g.m<sup>2</sup>, ruda gallinaza y mostaza sin que se presenten diferencias estadísticamente significativas entre estos tratamientos y el testigo. La ruda de Castilla presentó el menor valor de rendimiento de 3ª y fue significativamente inferior al testigo.

El tratamiento con la más alta densidad poblacional de nemátodos es el testigo, sin que presente diferencias significativas con los tratamientos chipaca, ruda gallinaza y ruda de Castilla. La prueba de Duncan detectó diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos higuierilla 1000 g.m<sup>2</sup>, diente de león, "amapola", mostaza e higuierilla 500 g.m<sup>2</sup>.

No se observó ningún efecto de fitotoxicidad como clorosis o crecimiento retardado del área foliar en la zanahoria sembrada bajo los dos tratamientos de higuierilla durante el ciclo de cultivo. En cambio, es evidente el efecto benéfico de la aplicación de la mayor dosis de higuierilla en todas las variables del ensayo con respecto a la menor dosis.

## DISCUSION

Los resultados de este trabajo muestran que la incorporación de material vegetal de ruda de Castilla, y diente de león redujo la densidad poblacional de *M. hapla* y protegió las raíces de zanahoria, lo cual valida el supuesto inicial concerniente a la efectividad de la adición de enmiendas orgánicas en la lucha contra los nemátodos fitopatógenos y que reporta la literatura (Akhtar *et al.*, 1990; Hasan, 1992).

Las diferencias significativas entre tratamientos en términos de calidad de la zanahoria justifican ampliamente el control de *M. hapla* en la var. Mokum dado el alto valor comercial de este cultivar respecto a variedades más comunes de zanahoria (el precio de venta de esta variedad osciló durante 1997 entre \$1.400 y \$1.700 por kilogramo).

Algunas de las plantas que tuvieron efecto en este trabajo, como el diente de león, la ruda gallinaza, y la ruda de Castilla, ya habían demostrado ser antagónicas a *Meloidogyne* sp. en condiciones de laboratorio en nuestro medio (Camelo, 1994; Navarro, 1997). Los resultados de este trabajo confirman las propiedades nematocidas de estas plantas y su efecto benéfico sobre la producción de zanahoria comercial.

Aunque la metodología usada en este trabajo no permite explicar la efectividad de las enmiendas utilizadas en el control de *M. hapla*, es presumible encontrar la explicación en algunas de las razones propuestas por Akhtar *et al.* (1990) y Hasan (1992) quienes aducen que la adición de materiales orgánicos, como los originados por la incorporación de plantas, puede generar toxicidad a los nemátodos al descomponerse, incrementar o favorecer la actividad predatora y parasítica en el suelo contra los nemátodos y originar cambios en las propiedades físico-químicas del suelo que inhiben a los nemátodos. Sería interesante que en futuros trabajos relacionados con éste, se incluyeran variables que delimitaran con más exactitud los mecanismos de efectividad de estas enmiendas y las causas de su efecto diferencial en el control de los nemátodos fitoparásitos.

Los resultados evidencian además que algunos tratamientos como la ruda de Castilla, que exhibieron buenas producciones de zanahoria comercial, mostraron al final del ciclo una densidad poblacional relativamente alta de nemátodos en el suelo; mientras que otros tratamientos, como la mostaza, que tuvieron uno de los más bajos promedios en rendimiento comercial, mostraron densidades finales bajas de nemátodos.

Lo anterior puede explicarse si se considera que tratamientos como la ruda de Castilla, que mostraron buenos rendimientos comerciales, tuvieron alta efectividad en la disminución de las densidades poblacionales iniciales, pero su efecto no se prolongó en el tiempo y los nemátodos que entraron a las raíces de la zanahoria

dejaron descendencia que se expresó como inóculo abundante al final del ciclo del cultivo. Por el contrario, tratamientos como la mostaza fueron poco efectivos en el control de las poblaciones iniciales pero muy supresivos con los nemátodos que eclosionaban de las masas de huevos de las raíces de zanahoria que ya habían sufrido el daño de las poblaciones iniciales. Siguiendo este argumento, tratamientos como la mostaza no pueden ser descartados en un plan de manejo integrado de *M. hapla*.

## BIBLIOGRAFIA

**AKHTAR, M., SUHAIL, A. Y APARNA Y.** 1990. Effect of organic amendments to soil as nematode suppressants. Intl. Nematol. Network Newsl. 7(3):21.

**CAMELO, A. P.** 1994. Estandarización de las condiciones óptimas para el cultivo de fitonemátodos y determinación de la posible actividad nematocida de *Tagetes zipaquirensis*. Tesis. Química farmacéutica. U. Nal. Bogotá.

**EISENBACK Y TRIANTAPHYLLOU.** 1991. Root knot nematodes: *Meloidogyne* pp 191-274 en: Manual of agricultural nematology. W. R. Nickle, ed. Marcel Dekker, New York.

**ESTRADA, W. Y PELAEZ L.** 1982. Siembra intercalada de tomate (*Lycopersicon esculentum*) y rosa amarilla para el control de *Meloidogyne* sp. Tesis Ing. Agrónomo. U. Nal. Medellín.

**HASAN, A.** 1992. Allelopathy in the management of root-knot nematodes pg 413-441 en: Allelopathy: basic and applied aspects. V. Rizvi, ed. Chapman & Hall, Londres.

**HUANG S, P.** 1984. Cropping effects of marigolds, corn and okra on population levels of *Meloidogyne javanica* and on carrot yields. Journal of Nematology 16(4):3 96-98.

**VALBUENA, F.** 1995. Efecto antagónico de diferentes especies vegetales sobre las poblaciones de *Meloidogyne* spp. en el cultivo del guayabo. (*Psidium guajaba*. L) en Venezuela. Nematropica 25(2):95.

**NAVARRO, R.** 1997. Comunicación personal. Universidad Católica de Oriente. Rionegro, Antioquia.

**TAYLOR, A. L.** 1968. Introducción a la nematología vegetal aplicada. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.