

APLICACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS PARA EL MANEJO DE *NACOBBUS ABERRANS* EN TOMATE

F. Franco-Navarro¹, I. Cid del Prado-Vera¹, E. Zavaleta-Mejía¹ y P. Sánchez-García²

¹Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, México. CP 56230. ²Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales. km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, México. CP 56230.

RESUMEN

Franco-Navarro, F., I. Cid del Prado-Vera, E. Zavaleta-Mejía y P. Sánchez-García. 2002. Aplicación de enmiendas orgánicas para el manejo de *Nacobbus aberrans* en tomate. *Nematropica* 32:113-124.

Se probó el efecto de la incorporación al suelo de residuos de col (*Brassica oleracea* L. cv. *capitata*) o de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para el manejo de *Nacobbus aberrans* bajo condiciones de invernadero. La incorporación de residuos de col 10 días antes del trasplante de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) redujo significativamente ($\alpha = 0,01$) el número de agallas; sin embargo, hubo muerte de algunas plantas y reducción del crecimiento debido a un efecto fitotóxico. En contraste, al incorporar las enmiendas al momento del trasplante, el agallamiento en las raíces se redujo en un 36% y 54%, y en un 21% y 46% con residuos de col e higuierilla incorporados al 1% y 2%, respectivamente. La altura de planta, el peso seco de follaje y el peso seco de raíz se incrementaron en un 20% y 25%, 57% y 65%, y 34% y 36% con residuos de col, y en un 16% y 21%, 55% y 55%, y 8% y 7% con higuierilla incorporados al 1% y 2%, respectivamente. En un campo infestado naturalmente con *N. aberrans*, se probó el efecto de la incorporación de residuos de col variando las fechas y dosis de incorporación. Al incorporar dosis de residuos de col de 5,20 kg/m² al momento del trasplante del tomate, se redujo el número de agallas en raíces en un 72%, 53% y 29%, mientras que cuando se incorporaron 3,25 kg/m² una semana antes del trasplante, la reducción del agallamiento fue del 66%, 50% y 24%, a los 20, 40 y 60 días posteriores al trasplante, respectivamente. Al incorporar dosis de 5,20 y 3,25 kg/m² de residuos de col cerca de la fecha de trasplante, el peso seco de raíz se incrementó en un 24% y 21%, y el de follaje en un 41% y 32%, respectivamente. La producción total y comercial de tomate se incrementó significativamente ($\alpha = 0,01$) en un 62% y 61% al incorporar 5,20 kg/m² de col al trasplante, y en un 51% y 53% al incorporar 3,25 kg/m² de col una semana antes del trasplante, respectivamente, en comparación con el tratamiento testigo.

Palabras clave: *Brassica oleracea* cv. *capitata*, manejo, nematodo falso nodulador, nematodos fitoparásitos, *Ricinus communis*.

ABSTRACT

Franco-Navarro, F., I. Cid del Prado-Vera, E. Zavaleta-Mejía and P. Sánchez-García. 2002. Application of organic amendments for the management of *Nacobbus aberrans* on tomato. *Nematropica* 32:113-124.

The incorporation of cabbage residues (*Brassica oleracea* L. cv. *capitata*) and ricinus residues (*Ricinus communis* L.) to soil was tested for the management *N. aberrans* under greenhouse conditions. The number of galls was reduced significantly ($\alpha = 0.01$) by the incorporation of cabbage 10 days before planting tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.); however, some plants died and plant growth was reduced as a consequence of a phytotoxic effect. In contrast, when the amendments were incorporated at planting, root galling was reduced in 36% and 54%, and in 21% and 46% with cabbage and ricinus residues at a dose of 1% and 2%, respectively. The height of the plant, dry weight of shoot and root increased in 20% and 25%, 57% and 65%, and 34% and 36% with cabbage, and in 16% and 21%, 55% and 55%, and 8% and 7% with ricinus at 1% y 2%, respectively. In a field naturally infested with *N. aberrans*, the incorporation of cabbage residues at different planting dates and doses was tested.

When a dose of cabbage of 5.20 kg/m² was incorporated at planting tomato, the number of galls in roots was reduced in 72%, 53% and 29%, while the incorporation of 3.25 kg/m² one week before planting tomato reduced root galling in 66%, 50%, and 24% at 20, 40 and 60 days after planting, respectively. The incorporation of 5.20 and 3.25 kg/m² of cabbage close to the planting date increased root dry weight in 24% and 21%, and shoot dry weight increased in 41% and 32%, respectively. The total and commercial accumulated yield of tomato increased significantly ($\alpha = 0.01$) in 62% and 61% with the incorporation of 5.20 kg/m² of cabbage at planting, and in 51% and 53% with the incorporation of 3.25 kg/m² of cabbage one week before planting, respectively, in comparison with the control without amendments.

Key words: *Brassica oleracea* cv. *capitata*, false root-knot nematode, management, plant-parasitic nematodes, *Ricinus communis*.

INTRODUCCIÓN

Nacobbus aberrans Thorne y Allen en México está reportado en cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), chile (*Capsicum annuum* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), acelga (*Beta vulgaris* L.), espinaca (*Spinacea oleracea* L.), calabacita (*Cucurbita pepo* L.) y amaranto (*Amaranthus hybridus* L.) (Cristóbal *et al.*, 2001). Los daños que causa, principalmente en los cultivos de tomate, frijol y chile, son cuantiosos al reducir significativamente la producción. Cristóbal (2001), trabajando con tres condiciones de manejo diferentes en un predio infestado con *N. aberrans*, estimó las pérdidas de producción de tomate cv. Río Grande en un 12% bajo un control integrado; de un 29% haciendo uso de las prácticas agronómicas regionales y de un 83% cuando no se realizó ningún control.

De las diferentes estrategias que se han probado para el control de *N. aberrans*, incluyendo algunas de tipo cultural y genético, las que han recibido mayor atención son las basadas en la aplicación de productos químicos, debido a que han dado mejores resultados y sus efectos suelen ser más rápidos (Franco *et al.*, 1993, Main *et al.*, 1999). Sin embargo, esta estrategia es de costo elevado, requiere aplicaciones continuas, y sólo se justifica su uso en cultivos redituables.

Actualmente una alternativa utilizada cada vez con mayor frecuencia para el control de nematodos fitopatógenos, es la incorporación de enmiendas orgánicas, no sólo por su bajo impacto en la economía de los pequeños productores y el fácil acceso a los materiales (Rodríguez-Kábana, 1991), sino también por su potencial para controlar nematodos fitopatógenos, ya que las enmiendas orgánicas incrementan las poblaciones de microorganismos antagonistas, liberan y estimulan la producción de metabolitos tóxicos para los estados infectivos, y cambian las propiedades físicas y químicas del suelo de tal manera que hacen el medio favorable para el desarrollo del cultivo (Chavarría-Carbajal y Rodríguez-Kábana, 1998; Ritzinger y McSorley, 1998a, 1998b).

Los residuos de col (*Brassica oleracea* L. cv. *capitata*) e higuierilla (*Ricinus communis* L.) son materiales utilizados como enmiendas para el control de varias especies de nematodos (Rich *et al.*, 1989; Ritzinger y McSorley, 1998a; Zavaleta-Mejía y Rojas, 1988). Durante el proceso de descomposición de la col se liberan varios compuestos volátiles ricos en azufre con propiedades nematocidas (Al-Rehiyani and Hafez, 1998; Zavaleta-Mejía y Rojas, 1988), mientras que los residuos de higuierilla liberan compuestos tóxicos y dos lectinas, la ricina y la ricinus-aglutinina, ambas con capacidad

para unirse fuertemente a los anfidios de los nematodos agalladores y modificar así su comportamiento quimiotáctico (Marbán-Mendoza *et al.*, 1987; Rich *et al.*, 1989). Debido a que se ha demostrado que al aplicar ambas enmiendas es posible reducir las poblaciones de varias especies de nematodos, éstas se probaron por primera vez para el manejo de *N. aberrans* en condiciones de invernadero y campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento en invernadero. Las enmiendas orgánicas ensayadas fueron residuos de col y de higuierilla, ambas incorporadas a diferentes dosis y tiempos antes del trasplante. Se consideraron cuatro factores, cada uno con sus respectivos niveles: 1) Nematodo (con y sin nematodo); 2) Enmienda (col e higuierilla); 3) Fecha de incorporación (0 y 10 días antes del trasplante) y 4) Dosis (expresado en porcentaje de enmienda seca, 0%, 1% y 2% p/p) (Ritzinger y McSorley, 1998a; Zavaleta-Mejía y Rojas, 1988). El experimento factorial de $2 \times 2 \times 2 \times 3$, se estableció bajo un diseño completamente al azar y consistió de 24 tratamientos, cada uno con cinco repeticiones. Cada unidad experimental consistió de una bolsa de polietileno de 10 kg de capacidad llenada con 8 kg de suelo. En dichas bolsas se colocó suelo naturalmente infestado con *N. aberrans* o suelo previamente esterilizado por calor para el caso de los tratamientos sin nematodo. El suelo utilizado se recolectó de terrenos del Ejido Santa Rosa, Tecamachalco, Puebla, México, donde las altas poblaciones *N. aberrans* afectan de manera importante el cultivo de tomate (Cristóbal, 2001). Una submuestra de este suelo se sometió a un análisis físico y químico. El suelo de campo tenía un pH de 8,1, conductividad eléctrica de 4,31 μ S, 1,59% de materia orgánica, 0,14%

de N, $2,2 \times 10^{-3}$ % de P, 18,80 meq/L de Ca, 13,50 meq/L de Mg, 0,14 meq/100 g de suelo de K intercambiable, 2,10 meq/L de K soluble, 14,12 meq/L de Na, 1,41 ppm de Fe, 0,29 ppm de Cu, 1,74 ppm de Zn, 1,20 ppm de Mn, y 0,10 ppm de B.

Para reincorporar al suelo esterilizado su microbiota nativa, se preparó un extracto a partir del suelo naturalmente infestado el cual se tamizó (utilizando tamices con abertura de malla de 0,140, 0,074, 0,044, 0,040 y 0,025 mm), con el fin de retener tanto los huevos como los estadios filiformes del nematodo; se aplicaron 800 ml de dicho extracto por maceta a los tratamientos sin nematodo. Las enmiendas se aplicaron en fresco, fragmentándose primero la parte aérea de cada planta e incorporando manualmente dichos fragmentos a la mitad superior del suelo contenido en las macetas. La cantidad de residuos frescos de col que se aplicó fue de 143 g y 286 g, mientras que de higuierilla se incorporaron 46 g y 96 g de residuos frescos por kg de suelo. Estas cantidades correspondían a un porcentaje de 1% y 2% p/p de residuos secos de col e higuierilla, respectivamente. Para obtener esta equivalencia se determinó el porcentaje de reducción en peso de los materiales frescos; para ello, la parte aérea tanto de col como de higuierilla se secaron a 40°C hasta obtener un peso constante. El peso seco de la col correspondió a un 7% del peso de residuo fresco, mientras que el de la higuierilla fue de un 22%. En cada bolsa se transplantaron tres plántulas de tomate cv. Río Grande en etapa de dos primeras hojas verdaderas. El efecto de las enmiendas se evaluó a los 60 días después del trasplante. Las temperaturas mínima y máxima promedio registradas en el invernadero durante este período fueron de $9,7 \pm 1,1^\circ\text{C}$ y de $37,8 \pm 3,0^\circ\text{C}$, respectivamente. Las variables de respuesta registradas fueron: altura de la planta (cm), número de agallas (mediante conteo

directo en todo el sistema de raíces), volumen de raíz (cm^3) y peso seco del follaje y de la raíz (g).

Experimento en campo. En un predio infestado con *N. aberrans* ubicado en el Ejido Santa Rosa, del Municipio de Tecamachalco, Puebla, México, se probó el efecto de la incorporación de residuos de col con base en los resultados obtenidos en invernadero, ya que con esta enmienda se logró un mayor control del nematodo que con higuierilla, y además es un material disponible en grandes cantidades en la zona durante la época de transplante del tomate. Para la aplicación de los residuos de col en campo se realizaron algunos ajustes a las dosis trabajadas en invernadero. Bajo un diseño de bloques al azar se establecieron los siguientes tratamientos: 1) Testigo absoluto (T1); 2) Incorporación de $1,30 \text{ kg/m}^2$ de col (13 T ha^{-1}) dos semanas antes del transplante (T2); 3) Incorporación de $3,25 \text{ kg/m}^2$ de col ($32,5 \text{ T ha}^{-1}$) dos semanas antes del transplante (T3); 4) Incorporación de $1,30 \text{ kg/m}^2$ de col (13 T ha^{-1}) una semana antes del transplante (T4); 5) Incorporación de $3,25 \text{ kg/m}^2$ de col ($32,5 \text{ T ha}^{-1}$) una semana antes del transplante (T5); y 6) Incorporación de $5,20 \text{ kg/m}^2$ de col (52 T ha^{-1}) al momento del transplante (T6). Se establecieron seis repeticiones por tratamiento y cada unidad experimental consistió de una parcela con tres surcos de 1 m de ancho por 5 m de largo (15 m^2). El terreno se preparó mediante un barbecho y rastroo doble cruzado con el fin de homogeneizar la distribución espacial del nematodo, corroborándose ello mediante un bioensayo en invernadero con plantas de tomate cv. Río Grande transplantadas en suelo tomado de cada parcela (dos macetas con dos plantas cada una por repetición), las cuales se evaluaron a los 45 días después del transplante. El número promedio de agallas por planta en el bioensayo osciló entre 105-119, sin que se

detectaran diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) entre ellas; por lo que se consideró que la distribución del nematodo en el predio era uniforme. Con el fin de evaluar el efecto de los tratamientos sobre el control de *N. aberrans*, se registró: número de agallas (mediante conteo directo en todo el sistema radical), volumen de raíz (cm^3), peso fresco y seco de raíz (g), peso seco de follaje (g) y producción (kg/m^2). Todas las variables se registraron a los 20, 40 y 60 días posteriores al transplante (dpt), excepto la producción. Para evaluar ésta, se colectaron los frutos de cuatro plantas por repetición de cada tratamiento. La producción de tomate se evaluó registrando el peso total de frutos cosechados por parcela en cuatro cortes y clasificándolos en 1ª, 2ª, 3ª y papel o rezaga de acuerdo a su tamaño, forma y estado sanitario.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos en ambos experimentos se sometieron a un análisis de varianza considerando los diseños bajos los cuales se establecieron los experimentos. Además, se hizo una comparación múltiple de medias por cada variable de respuesta con la prueba de Tukey ($\alpha = 0,01$).

RESULTADOS

Experimento en invernadero. El análisis de varianza indicó que el nematodo, la fecha de incorporación de la enmienda, y la interacción nematodo-dosis de enmienda afectaron de manera significativa ($\alpha = 0,01$ ó $\alpha = 0,05$) a la mayoría de las variables evaluadas (Cuadro 1). *Nacobbus aberrans* redujo significativamente ($\alpha = 0,05$) la altura de las plantas, el peso seco de follaje y de la raíz en un 10%, 26% y 22%, respectivamente, en comparación con las plantas cultivadas en ausencia del nematodo. La altura de planta, el volumen de raíz, el peso seco de follaje y de raíz fueron mayores ($\alpha = 0,01$) cuando la incorporación de las enmiendas se hizo en el

Cuadro 1. Análisis de varianza del efecto de los factores *Nacobbus aberrans*, tipo de enmienda, dosis y fecha de incorporación, así como de las correspondientes interacciones sobre la altura de planta (cm), volumen de raíz (cm³), número de agallas, peso seco de follaje (g) y peso seco de raíz (g). Experimento en invernadero.

Fuente de variación	g. l.	Altura de planta	Volumen de raíz	Número de agallas	Peso seco follaje	Peso seco raíz
Repeticiones	14	0,2508	0,0595	0,0139*	0,9648	0,0042**
Nematodo (N)	1	0,0237*	0,1191	0,0001**	0,0375*	0,0416*
Enmienda (E)	1	0,6142	0,4249	0,9114	0,0215*	0,4667
N × E	1	0,6003	0,9679	0,6666	0,3644	0,5170
Fecha incorporación (F)	1	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**
N × F	1	0,0134*	0,1969	0,0001**	0,2842	0,3112
E × F	1	0,0031**	0,9116	0,9804	0,0038**	0,6602
Dosis (D)	2	0,2660	0,4372	0,0001**	0,0974	0,1098
N × D	2	0,0412*	0,0129*	0,0001**	0,1602	0,0070**
E × D	2	0,4720	0,2676	0,1321	0,2291	0,4192
F × D	2	0,2037	0,0115*	0,2523	0,1389	0,5167
N × E × F	1	0,3319	0,9303	0,9140	0,3818	0,4498
N × E × D	2	0,7160	0,0937	0,1066	0,1181	0,2111
N × F × D	2	0,6183	0,1579	0,1733	0,5270	0,0181*
E × F × D	2	0,4079	0,3367	0,8487	0,1907	0,2803
N × E × F × D	2	0,3824	0,5969	0,7524	0,3531	0,3569
Error	258	155,09	45,72	505,63	21,69	1,10
Total	295					
r ²		0,30	0,28	0,71	0,33	0,26
C.V.		15,75	41,18	87,82	55,39	57,36

*Significancia con $\alpha = 0,05$. **Significancia con $\alpha = 0,01$. C.V. = Coeficiente de variación.

momento del trasplante en lugar de 10 días antes del trasplante. Por el contrario, el número de agallas fue significativamente ($\alpha = 0,01$) menor cuando las enmiendas se incorporaron 10 días antes del trasplante (Fig. 1). La incorporación de enmiendas redujo de manera significativa el número de agallas independientemente de las dosis aplicadas; para el resto de las variables, a excepción del peso seco de follaje, no hubo diferencias significativas entre las dosis de cada enmienda (Fig. 2). La incorporación de residuos de col y de

higuerilla al 1% y 2% 10 días antes del trasplante del tomate redujo el número de agallas en un 89% y 88%, y en un 63% y 70%, respectivamente ($\alpha = 0,05$). Cuando la incorporación de las enmiendas se hizo simultáneamente con el trasplante, la reducción del número de agallas fue menor tanto con residuos de col (36% y 54%) como de higuerilla (21% y 46%) al 1% y 2%, respectivamente ($\alpha = 0,05$).

La incorporación de las enmiendas en ausencia de *N. aberrans*, afectó significativamente ($\alpha = 0,05$) la altura de planta, el

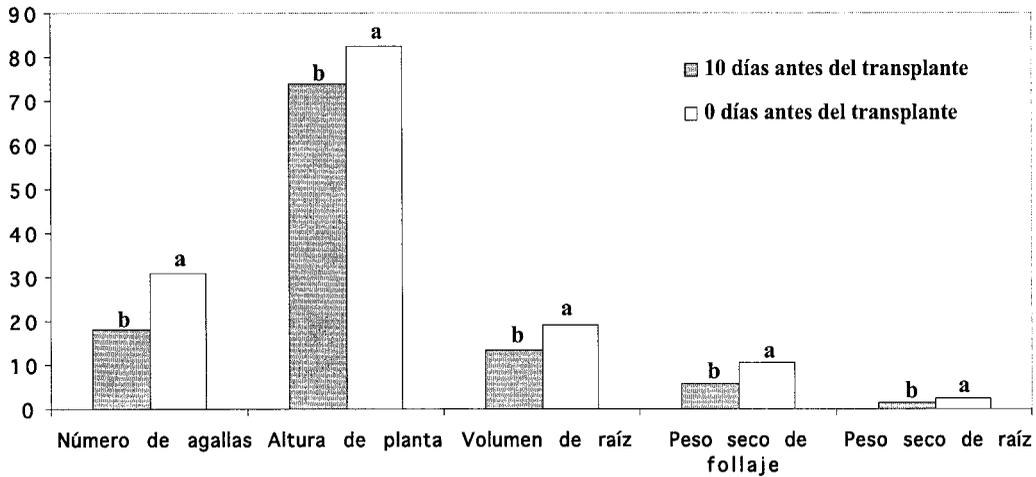


Fig. 1. Efecto de la fecha de incorporación de residuos de col (*Brassica oleracea* cv. *capitata*) o higuierilla (*Ricinus communis*) sobre la altura de planta (cm), volumen de raíz (cm³), número de agallas, peso seco de follaje (g) y peso seco de raíz (g) de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) cultivadas en suelo infestado con *Nacobbus aberrans* durante 60 días en un invernadero. Para cada variable, las barras con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.01$).

peso seco de follaje y el peso seco de raíz. La incorporación de col e higuierilla 10 días antes del transplante redujo tanto la altura

de planta como el peso seco de follaje y de raíz. Cuando la col se incorporó en el momento del transplante, se incrementa-

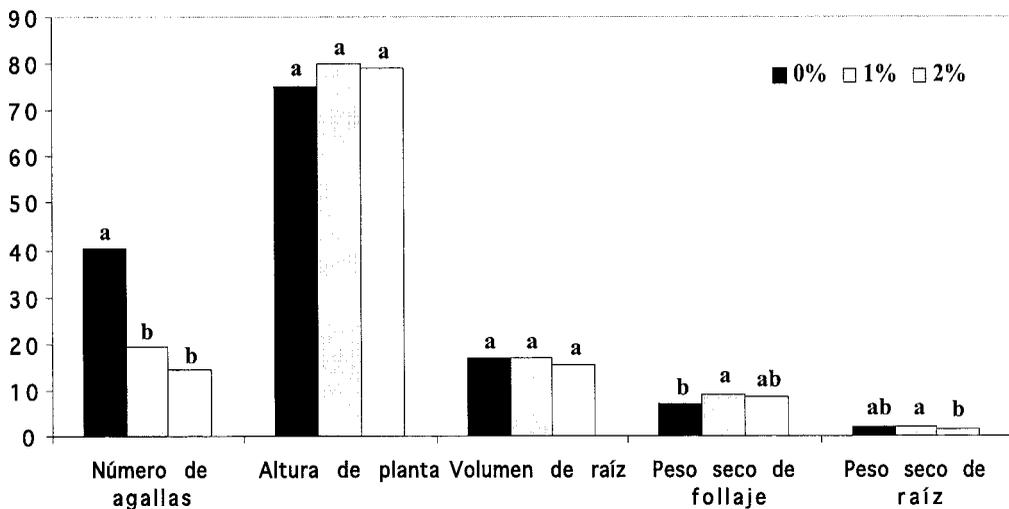


Fig. 2. Efecto de las dosis de residuos incorporados de col (*Brassica oleracea* cv. *capitata*) o higuierilla (*Ricinus communis*) sobre la altura de planta (cm), volumen de raíz (cm³), número de agallas, peso seco de follaje (g) y peso seco de raíz (g) de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) cultivadas en suelo infestado con *Nacobbus aberrans* durante 60 días en un invernadero. Para cada variable, las barras con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.01$).

ron la altura de planta y el peso seco de follaje mientras que al incorporar los residuos de higuierilla también en el momento del transplante, la altura de planta y el peso seco de follaje se redujeron y el peso seco de raíz incrementó. En presencia de *N. aberrans*, y al incorporar los residuos frescos de col 10 días antes del transplante, la altura de la planta, el peso seco de follaje y el peso seco de raíz se redujeron; en cambio, con la incorporación de higuierilla se incrementaron los tres parámetros en las plantas, aunque no significativamente (Fig. 3A). Cuando la incorporación de col se hizo al momento del transplante, la altura de la planta se incrementó en un 20% y 25% ($\alpha = 0,05$), así como el peso seco de follaje en un 57% y 65% ($\alpha = 0,05$) a dosis de 1% y 2%, respectivamente; el peso seco de raíz se incrementó pero no de manera significativa (Fig. 3B). La incorporación de higuierilla al 1% y 2% simultáneamente con el transplante, sólo incrementó significativamente ($\alpha = 0,05$) la altura de la planta en un 16% y 21%, y el peso seco de follaje en un 55% y 55%, respectivamente (Fig. 3B).

Experimento en campo. La incorporación de residuos de col, en general, tuvo efectos significativos ($\alpha = 0,01$) sobre las diferentes variables de respuesta medidas en las plantas de tomate a los 20, 40 y 60 dpt, excepto para el volumen de raíz a los 20 y 40 dpt. En las plantas donde se incorporaron 5.20 kg/m² de col al momento del transplante (T6), el número de agallas se redujo en un 72%, 53% y 29%, mientras que al incorporar 3.25 kg/m² de col una semana antes del transplante (T5), la reducción fue del 66%, 50% y 24% a los 20, 40 y 60 dpt, respectivamente (Cuadro 2). En ambos tratamientos también hubo un incremento significativo ($\alpha = 0,05$) del peso fresco de raíz a los 20, 40 y 60 dpt en comparación con el testigo (Cuadro 2). El volumen de raíz presentó un incremento significativo ($\alpha = 0,01$) hasta los 60 dpt en

los tratamientos T6, T3 (3.25 kg/m² de col dos semanas antes del transplante) y T5 (19%, 16% y 11% en comparación con el testigo, respectivamente) (Cuadro 2). Un crecimiento de la raíz y del follaje, expresados en peso seco, mayor ($\alpha = 0,05$) con respecto al testigo, se obtuvo en orden decreciente con los tratamientos T6 (24% y 41%), T3 (22% y 32%) y T5 (21% y 32%) (Cuadro 2). Estos mismos tratamientos presentaron la mayor producción acumulada ($\alpha = 0,01$) de frutos (total y comercial); los incrementos fueron de 62% y 61% para el tratamiento T6, 51% y 53% para el tratamiento T5 y 23% y 26% para el tratamiento T3 en comparación con el testigo (Cuadro 3).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en invernadero en cuanto al número de agallas (reducciones de 89% a 21%) sugieren que la incorporación de enmiendas 10 días antes del transplante afectó más al nematodo que la incorporación simultánea al transplante, y que además, el efecto de los residuos de col siempre fue mayor que el de los residuos de higuierilla. Sin embargo, se produjeron reducciones en la altura de la planta y en la biomasa final (peso seco de follaje y de raíz), al incorporar los residuos de col 10 días antes del transplante, como consecuencia de un efecto fitotóxico derivado de la descomposición de éstos. Por el contrario, la incorporación de dichos residuos al momento del transplante, favoreció el desarrollo de las plantas de tomate independientemente de la presencia o ausencia de *N. aberrans*. Nuestros resultados coinciden con los reportados en trabajos previos donde se logró reducir el índice de agallas ocasionado por *Meloidogyne* spp. empleando residuos de col (Ritzinger y McSorley, 1998a; Zavaleta-Mejía y Rojas, 1988), *Canavalia ensiformis*, *Stizolobium*

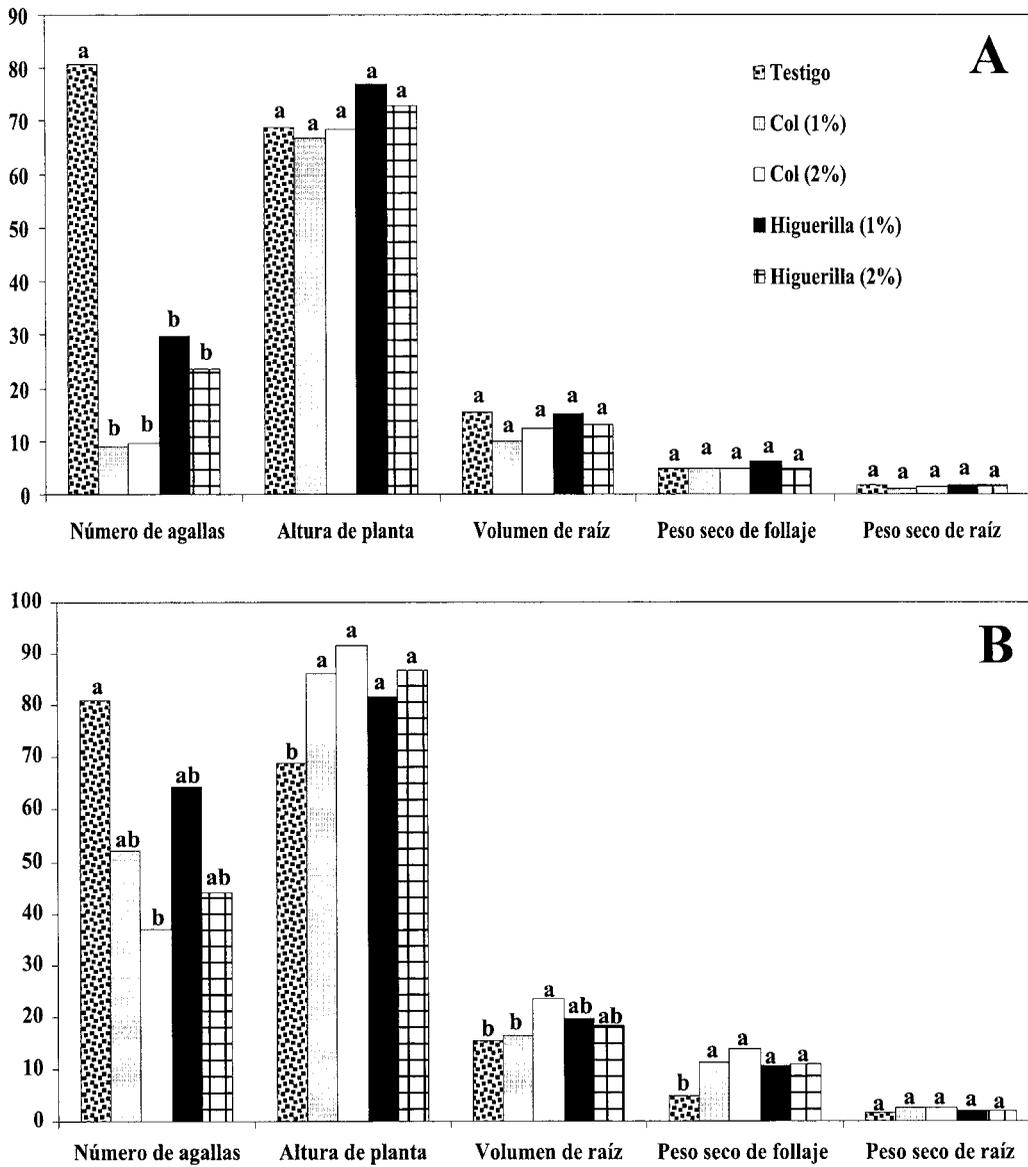


Fig. 3. Número de agallas en raíces, altura de planta (cm), volumen de raíz (cm³), peso seco de follaje (g) y peso seco de raíz (g) de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) cultivadas en suelo infestado con *Nacobbus aberrans* y enmendado con col o higuierilla: A) 10 días antes del transplante y B) al momento del transplante. Para cada variable, las barras con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.01$). Experimento en invernadero.

pruriens (Torres-Barragán *et al.*, 1995), mucuna o higuierilla (Ritzinger y McSorley, 1998a, 1998b). El efecto fitotóxico observado al incorporar los residuos de col 10

días antes del transplante ha sido reportado también por otros investigadores al aplicar dosis de enmienda muy similares a las utilizadas en el ensayo de invernadero

Cuadro 2. Efecto de la incorporación de residuos de col (*Brassica oleracea* cv *capitata*) en el peso fresco, peso seco, volumen y número de agallas en raíz y peso seco de follaje de plantas de tomate cv. Río Grande cultivadas en un campo infestado con *Nacobbus aberrans*.

Tiempo (DAT) ^a	Dosis (Kg/m ²)	Peso fresco de raíz (g) ($\alpha = 0,01$; $r^2 = 0,89$)			Volumen de raíz (cm ³) ($\alpha = 0,01$; $r^2 = 0,23$)			Número de agallas ($\alpha = 0,01$; $r^2 = 0,85$)			Peso seco de follaje (g) ($\alpha = 0,01$; $r^2 = 0,88$)			Peso seco de raíz (g) ($\alpha = 0,01$; $r^2 = 0,88$)		
		20 ^b	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60
	0	2,5 c	11,8 b	67,1 c	2,7 a	28,3 a	75,2 bc	72 a	628 a	1220 a	1,2 b	11,4 c	50,5 c	0,14 b	2,0 c	7,5 bc
14	1.30	2,7 ab	12,7 ab	68,1 c	2,7 a	28,8 a	75,4 bc	61 b	419 b	1083 b	1,1 b	11,5 c	60,0 c	0,17 ab	2,3 bc	7,4 c
14	3.25	2,6 bc	15,6 a	90,1 a	2,7 a	28,8 a	90,0 a	30 d	356 c	1021 c	1,6 a	18,4 ab	74,7 b	0,16 ab	3,0 a	10,0 a
7	1.30	2,1 d	10,6 b	84,1 ab	2,8 a	29,0 a	73,1 c	52 c	355 c	1015 c	1,1 b	13,3 c	54,2 c	0,17 a	2,2 c	8,1 b
7	3.25	2,8 a	13,5 ab	75,1 bc	2,8 a	28,5 a	84,4 ba	24 e	316 dc	928 d	1,7 a	16,6 b	82,0 b	0,18 a	2,0 c	9,4 a
0	5.20	2,8 a	15,3 a	88,7 a	2,7 a	31,3 a	93,3 a	20 e	296 d	869 e	1,9 a	19,7 a	95,8 a	0,18 a	2,8 ab	9,9 a
D. M. S.		0,2	3,58	11,3	0,2	3,3	10,1	6	40	49	0,3	2,5	10,8	0,03	0,5	0,6

^aDías antes del trasplante. ^bDías después del trasplante. En cada columna, cifras con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha = 0,01$).

Cuadro 3. Efecto de la incorporación de residuos de col (*Brassica oleracea* cv. *capitata*) sobre la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*) cv. Río Grande cultivado en un campo infestado con *Nacobbus aberrans*.

Tiempo (SAT) ^a	Dosis enmienda (kg/m ²)	Producción acumulada (kg / m ²)	
		Comercial ($\alpha = 0,01$; $r^2 = 0,99$)	Total ^b ($\alpha = 0,01$; $r^2 = 0,99$)
	0	0,22 d	0,26 d
2	1,30	0,24 d	0,28 d
2	3,25	0,30 c	0,34 c
1	1,30	0,18 e	0,20 e
1	3,25	0,47 b	0,53 b
0	5,20	0,57 a	0,67 a
	D. M. S.	0,03	0,03

^aSemanas antes del transplante; ^bProducción comercial más rezaga. En cada columna, cifras con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey $\alpha = 0,01$).

(Ritzinger y McSorley, 1998b; Zavaleta-Mejía y Rojas, 1988). Aunque este efecto se presenta principalmente cuando la enmienda se incorpora en fresco, la incorporación en fresco suele ser una práctica habitual, ya que ésta es la forma en la que comúnmente se encuentran los residuos disponibles en el campo. Por tal motivo, en el presente estudio se calcularon las dosis de cada enmienda en función de la cantidad de materia seca reportada por varios investigadores (Ritzinger y McSorley, 1998a, 1998b; Zavaleta-Mejía y Rojas, 1988).

El ensayo de campo confirmó los resultados obtenidos en invernadero al incorporar los residuos de col, ya que dosis elevadas de esta enmienda incorporadas una semana antes o simultáneamente con el transplante también lograron reducir el número de agallas y favorecer el crecimiento y producción de las plantas de tomate. El menor agallamiento pudo deberse a una reducción en la infección de las raíces por *N. aberrans* como resultado del posible incremento en las poblaciones de microorganismos antagonicos y en la

liberación de productos tóxicos o nematostáticos (Chavarría-Carbajal y Rodríguez-Kábana, 1998; Rodríguez-Kábana *et al.*, 1987); estos eventos finalmente repercutieron en un mayor y mejor desarrollo de las plantas, así como en un incremento de la producción acumulada total y comercial. La mayor producción de tomate se obtuvo con la incorporación de 5,2 kg/m² de residuos de col al momento del transplante.

Las reducciones observadas en el nivel de daño ocasionado por *N. aberrans* sobre las plantas de tomate tanto en invernadero como en campo, pueden explicarse en gran medida por la presencia y acumulación de compuestos volátiles ricos en azufre (mercaptanos, isotiocianatos, metanoetiol y diferentes tipos de sulfuros) en el suelo (Lewis y Papavizas, 1971), los cuales se liberan durante la descomposición de los residuos de col y que podrían inhibir la movilidad de larvas del nematodo como sucede en el caso de *Meloidogyne* (Zavaleta-Mejía y Rojas, 1988) o bien, matarlas antes de que penetren en el hospedante (Lazzeri *et al.*, 1993). Varios compuestos de

sulfuro, al igual que el metilisotiocinato, son componentes comunes en fumigantes del suelo, debido a su actividad fungicida, herbicida, insecticida y nematicida (Munnecke and Martin, 1964). Por otro lado, la incorporación de enmiendas orgánicas por sí misma también contribuye a un mayor crecimiento de las plantas, principalmente cuando se incorporan materiales cuyas relaciones C:N son bajas como sucede en el caso de la col, higuierilla, mucuna y zinia, entre otras (Ritzinger y McSorley, 1998a, 1998b). El beneficio de las enmiendas puede ser directo, al aportar uno o más nutrimentos o bien, indirecto, al mejorar varias propiedades físicas del suelo (Díaz-Viruliche *et al.*, 2000). Las enmiendas requieren de un período de descomposición en suelo previo al establecimiento del cultivo con el fin de lograr un mejor control, al margen de los efectos que puedan ejercer sobre los fitopatógenos que habitan en el suelo (Mannion *et al.*, 1994). Este fue el caso en el presente trabajo, en el que la incorporación de residuos de col 10 días antes del trasplante produjo una mayor reducción del agallamiento de las raíces ocasionado por *N. aberrans*, pero el desarrollo de las plantas se vio afectado negativamente por la fitotoxicidad. La incorporación de col simultáneamente con el trasplante permitió reducir el agallamiento de las raíces (aunque en menor grado) y proveer condiciones favorables para el desarrollo de las plantas. Los resultados de este trabajo ponen de manifiesto que para lograr un manejo exitoso de *N. aberrans* mediante la incorporación de residuos de crucíferas es crítico determinar la dosis óptima de la enmienda y el tiempo idóneo de incorporación con el fin de reducir al máximo el agallamiento de raíces, y simultáneamente, prevenir la fitotoxicidad en la planta. Este tipo de conocimientos es de suma importancia en el proceso de desa-

rollo e implementación de alternativas no-químicas para el control de nematodos fitopatógenos que afectan cultivos con ciclos relativamente cortos como el caso de muchas hortalizas.

LITERATURA CITADA

- AL-REHIAYANI, S., and S. HAFEZ. 1998. Host status and green manure effect of selected crops on *Meloidogyne chitwood* race 2 and *Pratylenchus neglectus*. *Nematropica* 28:213-230.
- CHAVARRÍA-CARVAJAL, J. A., and R. RODRÍGUEZ-KÁBANA 1998. Changes in soil enzymatic activity and control of *Meloidogyne incognita* using four organic amendments. *Nematropica* 28:7-18.
- CRISTÓBAL, A. J. 2001. Estudios epidemiológicos, alteraciones nutrimentales y estadios de sobrevivencia en el patosistema *Lycopersicon esculentum-Nacobbus aberrans*. Tesis Doctorado, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 90 pp.
- CRISTÓBAL, A. J., V. I. CID DEL PRADO, N. MARBÁN-MENDOZA, G. P. SÁNCHEZ, G. MORA-AGUILERA, y L. R. H. MANZANILLA. 2001. Sobrevivencia de estadios biológicos de *Nacobbus aberrans* en condiciones de campo. *Nematropica* 31:227-233.
- DÍAZ-VIRLUCHE, L., A. PINILLA, J. A. LÓPEZ-PÉREZ, y A. BELLO. 2000. Biominerales y efecto biofumigante de los abonos verdes. *Nematropica* 30:123.
- FRANCO, J., R. MONTALVO, y R. MONTECINOS. 1993. Tratamiento químico de tubérculos infectados por *Nacobbus aberrans* para evitar su diseminación. *Nematropica* 23:117.
- LAZZERI, L., R. TACONNI, and S. PALMIERI. 1993. *In vitro* activity of some glucosinolates and their reaction products toward a population of the nematode *Heterodera schachtii*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41:825-829.
- LEWIS, J. A., and G. C. PAPAIVIZAS. 1971. Effect of sulfur containing volatile compounds and vapors from cabbage decomposition on *Aphanomyces euteiches*. *Phytopathology* 61:208-214.
- MAIN, G., J. FRANCO, and N. ORTUÑO. 1999. Los cultivos trampa como alternativa para reducir las poblaciones de *Nacobbus aberrans* y *Globodera* spp. en papa. *Fitopatología* 34:35-41.
- MANNION, C. M., B. SCHAFFER, M. OZORES-HAMPTON, H. H. BRYAN, and R. MCSORLEY. 1994. Nematode population dynamics in municipal solid waste-amended soil during tomato and squash cultivation. *Nematropica* 24:17-24.

- MARBÁN-MENDOZA, N., A. JEYAPRAKASH, H. B. JANSSON, R. A. DAMON Jr., and B. M. ZUCKERMAN. 1987. Control of root-knot nematodes on tomato by lectins. *Journal of Nematology* 19:331-335.
- MUNNECKE, D. E., and P. MARTIN. 1964. Release of methylisothiocyanate from soils treated with Mylone (3,5-dimethyl-tetrahydro-1,3,5,2H-thiadiazine-2-thione). *Phytopathology* 54:941-945.
- RICH, J. R., G. S. RAHI, C. H. OPPERMAN, and E. L. DAVIS. 1989. Influence of the castor bean (*Ricinus communis*) lectin (ricin) on motility of *Meloidogyne incognita*. *Nematropica* 19:99-103.
- RITZINGER, C. H. S. P., and R. McSORLEY. 1998a. Effect of fresh and dry organic amendments on *Meloidogyne arenaria* in greenhouse experiments. *Nematropica* 28:173-185.
- RITZINGER, C. H. S. P., and R. McSORLEY. 1998b. Effect of castor and velvetbean organic amendments on *Meloidogyne arenaria* in greenhouse experiments. Supplement of the *Journal of Nematology* 30:624-631.
- RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. 1991. Control biológico de nematodos parásitos de plantas. *Nematropica* 21:111-122.
- RODRÍGUEZ-KÁBANA, R., J. G. MORGAN, and I. CHET. 1987. Biological control of nematodes: Soil amendments and microbial antagonists. *Plant and Soil* 100:237-247.
- TORRES-BARRAGÁN, A., B. E. HERNÁNDEZ, y A. L. ANAYA. 1995. El uso de leguminosas en el manejo de *M. incognita*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 13:162.
- ZAVALETA-MEJÍA, E., y M. I. R. ROJAS. 1988. Efecto de la incorporación de residuos de crucíferas sobre fitopatógenos del suelo. I. Efecto de la incorporación de col (*Brassica oleracea* L.) sobre *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. *Revista Mexicana de Fitopatología* 6:166-171.

Received:

4.II.2002

Accepted for publication:

10.IV.2002

Recibido:

Aceptado para publicacion: