INCORPORACIÓN DE VERMICOMPOSTA PARA EL MANEJO DE *Nacobbus aberrans* EN JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

A. Villa-Briones¹; E. Zavaleta-Mejía^{2¶};
M. Vargas-Hernández³; O. Gómez-Rodríguez²;
S. Ramírez-Alarcón¹

¹Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Chapingo.
Km. 38.5 Carretera México- Texcoco. Chapingo, Estado de México C.P. 56230 MÉXICO.

²Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados,
Km. 36.5 Carretera México- Texcoco, Montecillo, Estado de México C. P. 56230.

Correo-e: zavaleta@colpos.mx ([¶]Autor responsable)

³Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo.
Km. 38.5 Carretera México- Texcoco. Chapingo, Estado de México C. P. 56230.

RESUMEN

Se probó el efecto de la vermicomposta y estiércol para el manejo de *Nacobbus aberrans*. La incorporación de vermicomposta y estiércol en condiciones de invernadero redujo significativamente ($P \leq 0.05$) en 27 y 40 %, respectivamente, el índice de agallamiento radical (IA) en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), con relación al testigo con nematodo y sin enmiendas. También incrementaron significativamente el volumen radical (VR) 13.1 y 14.7 veces más, el peso seco de raíz (PSR) 5.8 y 7 veces más y el peso seco del follaje (PSF) 1.6 y 1.9 veces más; asimismo, la necrosis radical fue reducida en 28.5 y 25 %, respectivamente. En campo, a los 85 días posteriores al trasplante, solamente en las variables IA, NR y PSF se detectaron diferencias significativas entre tratamientos; generalmente, las plantas crecidas en suelo mejorado con vermicomposta a 7.5 t·ha⁻¹ (300 g·planta⁻¹) y 12.5 t·ha⁻¹ (500 g·planta⁻¹) presentaron reducción en el agallamiento (IA) y la necrosis radical (NR), y mayor PSF. El IA disminuyó significativamente, en comparación con el testigo, en 29 y 28 % al incorporar 7.5 y 12.5 t·ha⁻¹ de vermicomposta, respectivamente; de manera similar en estos mismos tratamientos se incrementó significativamente en 91.6 y 84.8 % el PSF.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: enfermedades radicales, estiércol, manejo, mejoradores orgánicos, nematodos agalladores.

VERMICOMPOST INCORPORATION FOR THE MANAGEMENT OF *Nacobbus aberrans* IN TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

ABSTRACT

The effect of vermicompost and manure was tested for the management of *Nacobbus aberrans*. Under greenhouse conditions gall index of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) roots (GI) was reduced significantly ($P \leq 0.05$), by 27 and 40 %, respectively, when vermicompost and manure were incorporated to soil, in comparison to the control with nematode and without amendments. They also increased significantly the root volume (RV) 13.1 and 14.7 more times, dry root weight (DRW) 5.8 and 7 more times and dry shoot weight (DSW) 1.6 and 1.9 more times; furthermore root necrosis was reduced by 28.5 and 25 %, respectively. In the field, 85 days after planting, only the variables GI, root necrosis and DSW showed significant differences among treatments; generally, plants grown in soil amended with vermicompost at 12.5 t·ha⁻¹ (500 g·plant⁻¹) and 7.5 t·ha⁻¹ (300 g·plant⁻¹) reduced GI and root necrosis, and increased DSW. The GI was significantly reduced, as compared to the control, by 29 and 28 % with 7.5 and 12.5 t·ha⁻¹ of vermicompost, respectively; similarly, they increased the DSW by 91.6 y 84.8 %.

ADDITIONAL KEY WORDS: root diseases, manure, management, organic amendments, root-knot nematodes.

INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es un cultivo que en el año 2006 ocupó el segundo lugar en superficie cultivada en México con 66,509 ha, generando fuentes de trabajo y divisas para el país (Anónimo, 2006). Entre los problemas fitosanitarios que limitan su producción está el nematodo agallador *Nacobbus aberrans*, que puede llegar a ocasionar pérdidas de hasta 80 % en la producción (Cristóbal *et al.*, 2000; Manzanilla-López *et al.*, 2002). Dependiendo del nivel de población del nematodo, los daños pueden ser muy severos, al grado de ocasionar la muerte de las plantas (Cid del Prado *et al.*, 1996).

Dentro de las alternativas diferentes al control químico para el manejo de fitopatógenos con origen en el suelo, está la incorporación de materia orgánica (enmiendas orgánicas) que mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Labrador, 1996). Desde el punto de vista fitopatológico, los efectos más importantes tienen relación con la reducción en la incidencia y severidad de las enfermedades radicales, ya que las enmiendas orgánicas incrementan las poblaciones de los hiperparásitos y microorganismos antagonistas que producen enzimas y metabolitos tóxicos que afectan a los fitopatógenos (Zavaleta-Mejía, 2003), incluyendo los estados infectivos de los nematodos fitoparásitos (Chavarría-Carvajal y Rodríguez-Kábana, 1998; Zavaleta-Mejía, 2003). Estos efectos favorecen el desarrollo del sistema radical de las plantas, lo cual se traduce en un incremento del rendimiento del cultivo.

La mayoría de los trabajos de investigación con enmiendas orgánicas se han orientado a la incorporación de plantas con propiedades nematocidas, estiércoles, abonos verdes y residuos de cosechas (Castro *et al.*, 1990; Villar y Zavaleta-Mejía, 1990; Zavaleta-Mejía *et al.*, 1990; Zavaleta-Mejía *et al.*, 1993; Zavaleta-Mejía y Gómez, 1995; Yáñez-Juárez *et al.*, 2001; Franco-Navarro *et al.*, 2002); sin embargo, existe poca información sobre el efecto de la vermicomposta, considerada como el mejor abono orgánico que existe debido a que es un biofertilizante que ha dado excelentes resultados en diferentes cultivos ornamentales como el geranio (*Pelargonium grandiflorum* (Andr.) Willd.), rosa (*Rosa* spp.), nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch), Liliun (*Lilium* spp.) y crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) (Compagnoni, 1983; Martínez y Gómez, 1995). Además con la incorporación de vermicomposta se han disminuido algunas enfermedades inducidas por fitopatógenos habitantes del suelo como *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* en col (*Brassica oleracea* L.) y *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en jitomate (Szczech *et al.*, 1993); *Plasmodiophora brassicae* en col y *F. oxysporum* en *Tulipa* spp y jitomate (Szczech y Brzeski, 1994); *Sclerotinia sclerotiorum* y *S. cepivorum* en el suelo (Pereira *et al.*, 1996a, 1996b); y *Phytophthora drechsleri*, *Rhizoctonia solani* y *F. oxysporum* en gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus) (Rodríguez-Navarro *et al.*, 2000). Por lo antes mencionado esta investigación tuvo por objetivo evaluar

el efecto de la vermicomposta en el manejo de *N. aberrans* en jitomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ensayos en invernadero

Primer Ensayo. Se utilizó suelo naturalmente infestado con *N. aberrans*, colectado del Campo Agrícola Experimental Montecillo del Colegio de Postgraduados, el cual se mezcló y dividió en dos partes; para los tratamientos sin nematodo, el suelo se trató con vapor caliente a ~80 °C durante 2 h.

El experimento fue un factorial 3 x 2 x 2 en el que se probaron los siguientes factores: Vermicomposta (V) con tres niveles (0, 10 y 20 % p/p); Nematodo (N) con dos niveles (C, Con y S, Sin); y Modo de incorporación con dos niveles (M, Mezclado y L, Localizado). Las combinaciones resultantes fueron: 1) sin vermicomposta L y con nematodo (V0LCN); 2) sin vermicomposta M y con nematodo (V0MCN); 3) sin vermicomposta L y sin nematodo (V0LSN); 4) sin vermicomposta M y sin nematodo (V0MSN); 5) 10 % de vermicomposta aplicada de manera localizada y con nematodo (V10LCN); 6) 10 % de vermicomposta localizada sin nematodo (V10LSN); 7) 10 % de vermicomposta mezclada con el suelo y con nematodo (V10MCN); 8) 10 % de vermicomposta mezclada y sin nematodo (V10MSN); 9) 20 % de vermicomposta localizada y con nematodo (V20LCN); 10) 20 % de vermicomposta localizada y sin nematodo (V20LSN); 11) 20 % de vermicomposta mezclada y con nematodo (V20MCN); y 12) 20 % de vermicomposta mezclada y sin nematodo (V20MSN). En virtud de que las combinaciones uno y dos realmente corresponden al mismo tratamiento (sin vermicomposta y con nematodo), y la tres y cuatro al tratamiento sin vermicomposta y con nematodo, en el experimento solamente se establecieron 10 tratamientos con siete repeticiones bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA). Cada repetición consistió de una bolsa conteniendo 5 kg de suelo y en cada una se transplantaron tres plantas de jitomate var. Río Grande, que presentaban las primeras dos hojas verdaderas, de tamaño uniforme, sanas y sin daño mecánico.

La incorporación de la vermicomposta en la modalidad mezclado (VM), se hizo homogeneizando en una bolsa de plástico la cantidad de V correspondiente, según cada tratamiento, con todo el suelo contenido en la maceta; para la aplicación localizada (VL) se colocó una capa de aproximadamente 10 a 15 cm (4 y 3.5 kg) de suelo sobre el que se colocó la cantidad de V correspondiente y a continuación se adicionaron los 500 g restantes de suelo.

A los 60 días después del trasplante se registró: el índice de agallamiento (IA) que se evaluó utilizando la escala de Daulton y Nusbaum (1961); volumen radical (VR) (cm³), peso fresco del follaje (PFF) (g), peso seco de raíz (PSR)

(g), y la necrosis del sistema radical (NR) evaluada con una escala arbitraria donde: 1 = 0 - 10 % de raíces necrozadas, 2 = 11 - 25 % de raíces necrozadas, 3 = 26 - 50 % y 4 = más del 50 % de raíces necrozadas.

Segundo ensayo. Como en el primer ensayo, se utilizó suelo naturalmente infestado con *N. aberrans*; para los tratamientos sin nematodo, el suelo se trató con vapor caliente a ~80 °C durante 2 h.

En este ensayo se evaluó el efecto de la vermicomposta y del estiércol; su incorporación se hizo homogeneizando en una bolsa de plástico la cantidad correspondiente a cada tratamiento con todo el suelo contenido en la maceta. Los factores evaluados fueron: Mejorador orgánico (con dos niveles: Vermicomposta [V] y Estiércol [E]); Dosis (con cuatro niveles 0, 100, 300 y 500 g); y Nematodo (N) (con dos niveles (Con [C] y Sin [S])). Las combinaciones resultantes (2 x 4 x 2) fueron: 1) Sin vermicomposta y sin nematodo (SVSN); 2) Sin estiércol y sin nematodo (SESN) y 3) Sin vermicomposta y con nematodo (SVCN); 4) Sin estiércol y con nematodo (SECN); 5) 100 g de vermicomposta y con nematodo (V100CN); 6) 100 g de vermicomposta y sin nematodo (V100SN); 7) 300 g de vermicomposta y con nematodo (V300CN); 8) 300 g de vermicomposta y sin nematodo (V300SN); 9) 500 g de vermicomposta y con nematodo (V500CN); 10) 500 g de vermicomposta y sin nematodo (V500SN); 11) 100 g de estiércol y con nematodo (E100CN); 12) 100 g de estiércol y sin nematodo (E100SN); 13) 300 g de estiércol y con nematodo (E300CN); 14) 300 g de estiércol y sin nematodo (E300SN); 15) 500 g de estiércol y con nematodo (E500CN) y 16) 500 g de estiércol y sin nematodo (E500SN). Dado que tanto la combinación uno y dos realmente corresponden al mismo tratamiento (sin materia orgánica y sin nematodo), como la tres y cuatro al tratamiento sin materia orgánica y con nematodo, en el experimento solamente se establecieron 13 tratamientos con siete repeticiones, bajo un DCA. Cada repetición consistió en una maceta de 5 kg de suelo con dos plántulas de jitomate en etapa de dos hojas verdaderas. Al finalizar el ciclo del cultivo se registró el IA, VR (cm³), PSF y PSR (g), y NR utilizando la escala ya mencionada.

Ensayo de campo

En un lote naturalmente infestado con *N. aberrans* se estableció un experimento en un DCA, debido a que la distribución del nematodo en el terreno es bastante errática. Se probaron cinco tratamientos con seis repeticiones: 1) Nematicida (Ncda) Fenamifos (400 g i.a.·litro⁻¹) a una dosis de 5 litros·ha⁻¹, 2) Vermicomposta 2.5 t·ha⁻¹, 3) Vermicomposta 7.5 t·ha⁻¹, 4) Vermicomposta 12.5 t·ha⁻¹ y 5) Testigo sin vermicomposta y sin nematicida. La vermicomposta se incorporó a lo largo del surco en cantidades de: 1, 3 y 5 kg en 3 m lineales dependiendo del tratamiento, inmediatamente se realizó el trasplante de las plántulas de jitomate var. Río Grande; el nematicida se aplicó después del trasplante con mochila aspersora. Cada unidad

experimental consistió de una parcela de 3 m de ancho por 3 m de largo (9 m²). El distanciamiento entre plantas fue de 30 y de 80 cm entre surcos. A los 55 días después del trasplante (en seis plantas de cada repetición) y a los 85 (en la totalidad de las plantas) se evaluó el IA, VR (cm³), PSF y PSR (g), y la NR utilizando la escala antes indicada.

Análisis estadístico de datos

Con los datos obtenidos en cada uno de los experimentos, se hizo un análisis exploratorio para determinar si se cumplía con los supuestos que exige la estadística paramétrica. Así, se determinó una prueba de bondad de ajuste con los datos originales para conocer su distribución y determinar la necesidad de transformarlos o no. Para las variables IA y NR se usó estadística no paramétrica mediante la prueba de Kruskalwallis usando los valores de los registros de Wilcoxon y de Vander Waerden (Hollander y Wolfe, 1973), también se hicieron las transformaciones de raíz cuadrada, logaritmo y recíproco; sin embargo, los resultados con ambos análisis, en general, fueron muy similares, por lo que los resultados se presentan con base en los análisis de estadística paramétrica.

La comparación de medias de tratamientos en los ensayos de invernadero se hizo mediante la prueba de contrastes, mientras que para el ensayo en campo, se realizó mediante la prueba de Tukey. Para el experimento de campo también se realizaron regresiones lineales simples con la finalidad de determinar la relación entre el peso seco de raíz, peso seco de follaje, índice de agallamiento, volumen radical y necrosis radical. Los análisis se hicieron utilizando el paquete computacional SAS (Statistical Analysis System, 2000).

RESULTADOS

Ensayos en invernadero

A los 65 días después de haber establecido el experimento se observó que la incorporación de vermicomposta, independientemente de la forma de aplicación (localizada o mezclada) redujo significativamente el grado de agallamiento radical inducido por *N. aberrans*; así mismo, la incorporación de vermicomposta generalmente incrementó significativamente el PFF en presencia o ausencia del nematodo (Cuadro 1). La modalidad de incorporación tuvo el mismo efecto sobre el IA, PFF y PSR; sin embargo, la aplicación en forma mezclada redujo e incrementó de manera significativa la necrosis radical y el volumen radical, respectivamente. La dosis alta de vermicomposta 20 % (V20) incrementó significativamente la necrosis radical.

En el segundo experimento la incorporación de mejoradores orgánicos (estiércol o vermicomposta) redujo significativamente el agallamiento y necrosis radical e

CUADRO 1. Contrastes simples de grupos de tratamientos aplicados para manejar a *Nacobbus aberrans* y mejorar el desarrollo del jitomate. Primer ensayo.

Comparación	IA	NR	VR (cm ³)	PSR (g)	PFF (g)
V10 vs V20	24.3 - 25.7 ^{NS}	1.4 - 1.8*	34 - 31.8 ^{NS}	2.6 - 2.2 ^{NS}	42 - 39.9 ^{NS}
VL vs VM	23.9 - 26.1 ^{NS}	1.9 - 1.2**	28.4 - 37.6*	2 - 2.7 ^{NS}	40.3 - 41.6 ^{NS}
VCN vs VSN	25 - 0**	1.5 - 1.7 ^{NS}	30.5 - 35.6 ^{NS}	1.6 - 3.1**	36.5 - 45.5**
CN vs VCN	29 - 25 ^{NS}	1.7 - 1.5 ^{NS}	24.3 - 30.4 ^{NS}	1.2 - 1.6 ^{NS}	23.4 - 36.5**
CN vs VSN	29 - 0**	1.7 - 1.7 ^{NS}	24.3 - 35.6 ^{NS}	1.2 - 3.1**	23.4 - 45.5**
SN vs VCN	0 - 25**	1.3 - 1.5 ^{NS}	27.1 - 30.4 ^{NS}	2.4 - 1.6 ^{NS}	36 - 36.5 ^{NS}
SN vs VSN	0 - 0	1.3 - 1.7*	27.1 - 35.6 ^{NS}	2.4 - 3.1 ^{NS}	36 - 45.5**
CN vs VL	29 - 23.9**	1.7 - 1.9 ^{NS}	24.3 - 28.4 ^{NS}	1.2 - 2 ^{NS}	23.4 - 40.3**
CN vs VM	29 - 26.1**	1.7 - 1.2*	24.3 - 37.6 ^{NS}	1.2 - 2.7 ^{NS}	23.4 - 41.6**

Cada cifra representa el promedio de los tratamientos comparados. V10: Vermicomposta al 10%; V20: Vermicomposta al 20%; VL: Vermicomposta localizada; VM: Vermicomposta mezclada; VCN: Con V y con nematodo; VSN: Con V y sin nematodo; CN: Con nematodo y sin V; SN: Sin nematodo y sin V. IA: Índice de agallamiento; VR: Volumen radical; NR: Necrosis radical; PSR: Peso seco de raíz; PFF: Peso fresco de follaje.

*Significativo a $P \leq 0.05$.

**Altamente significativo a $P \leq 0.01$.

^{NS}: No significativo.

incrementó el VR, el PSR y el PSF, como lo indican los resultados de la comparación del tratamiento CN (sólo con nematodo y sin materia orgánica) contra todos los tratamientos que involucraron la incorporación de estiércol o vermicomposta (Cuadro 2).

El índice de agallamiento disminuyó significativamente al incorporar estiércol (40 %) y vermicomposta (27 %) con respecto al tratamiento CN (Cuadro 2); pero la reducción en agallamiento fue estadísticamente igual con la incorporación de estiércol o vermicomposta y la mayor reducción en agallamiento inducida por el estiércol, no se reflejó en un incremento significativo del desarrollo de la planta pues los valores de VR, PSR y PSF fueron estadísticamente iguales en las plantas tratadas con estiércol o con vermicomposta.

La incorporación de estiércol o de vermicomposta incrementó significativamente el VR, PSR y PSF tanto en presencia como en ausencia del nematodo, en comparación con los tratamientos sin incorporación de materia orgánica con (CN), y sin nematodo (TSN=testigo sin nematodo).

En presencia del nematodo la incorporación de ambos mejoradores orgánicos redujo significativamente el IA y la NR. Sin embargo, en ausencia del nematodo la incorporación al suelo de materia orgánica se asoció con un incremento en la NR en comparación con el tratamiento sin mejorador orgánico y sin nematodo (SN); no obstante, el VR y el PSF de las plantas crecidas en vermicomposta o estiércol fue significativamente mayor, aunque el PSR fue menor cuando se aplicó el estiércol.

CUADRO 2. Contrastes simples de grupos de tratamientos aplicados para manejar a *Nacobbus aberrans* y mejorar el desarrollo del jitomate. Segundo ensayo.

Comparación	IA	NR	VR(cm ³)	PSR (g)	PSF (g)
CN vs TODOS ^Z	75 - 52**	2.8 - 1.5**	9 - 140**	2.6 - 22.8**	17.3 - 38.7**
E vs V	45 - 55 ^{NS}	1.6 - 1.6 ^{NS}	145.6 - 169.1**	21.3 - 28.6**	48.2 - 39.3 ^{NS}
ECN vs VCN	45 - 55**	2.1 - 2 ^{NS}	132.8 - 118.1 ^{NS}	18.2 - 15.1 ^{NS}	33.8 - 28.4 ^{NS}
ESN vs VSN	0 - 0	1 - 1.2 ^{NS}	158.3 - 220**	24.3 - 42.1**	51.7 - 50.1 ^{NS}
ESN vs SN	0 - 0	1 - 0.4*	158.3 - 60**	24.3 - 16.1 ^{NS}	51.7 - 34**
VSN vs SN	0 - 0	1.2 - 0.4**	220 - 60**	42.1 - 16.1**	50.1 - 34**
ECN vs SN	45 - 0**	2.1 - 0.4**	132.8 - 60**	18.2 - 16.1 ^{NS}	33.8 - 34 ^{NS}
VCN vs SN	55 - 0**	2 - 0.4**	118.1 - 60**	15.1 - 16.1 ^{NS}	28.1 - 34 ^{NS}
ESN vs CN	0 - 75**	1 - 2.8**	158.3 - 9**	24.3 - 2.6**	51.7 - 17.3**
VSN vs CN	0 - 75**	1.2 - 2.8**	220 - 9**	42.1 - 2.6**	50.1 - 17.3**
ECN vs CN	45 - 75**	2.1 - 2.8**	132.8 - 9**	18.2 - 2.6**	33.8 - 17.3**
VCN vs CN	55 - 75**	2 - 2.8**	118.1 - 9**	15.1 - 2.6**	28.4 - 17.3**

Cada cifra representa el promedio de los tratamientos comparados.

^ZTodos los tratamientos excepto CN. CN: Sólo con nematodo; E: Estiércol; V: Vermicomposta; ECN: Con estiércol y con nematodo; VCN: Con vermicomposta y con nematodo; ESN: Con estiércol y sin nematodo; VSN: Con vermicomposta y sin nematodo; SN: Sin nematodo; IA: Índice de agallamiento; VR: Volumen radical; NR: Necrosis radical; PSR: Peso seco de raíz; PSF: Peso seco de follaje.

**Altamente significativo a una $P \leq 0.01$.

*Significativo a una $P \leq 0.05$.

^{NS}: No significativo.

Ensayo en campo

A los 55 días después del trasplante, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las variables evaluadas (IA, VR, PSR y PSF), excepto en necrosis radical (NR) y peso seco de follaje (PSF). Solamente las plantas crecidas en el suelo donde se incorporaron 12.5 t·ha⁻¹ (500 g por planta) de vermicomposta mostraron una reducción significativa en la pudrición de sus raíces (NR) del 47 % en comparación con el testigo, y el PSF se incrementó significativamente en 143 y 95 % con 7.5 y 12.5 t·ha⁻¹ (300 y 500 g por planta) de vermicomposta, respectivamente en comparación con el testigo (Cuadro 3).

En la segunda evaluación, realizada a los 85 días después del trasplante, solamente en las variables IA, NR y PSF se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. Consistentemente los tratamientos que involucraron la incorporación de vermicomposta formaron grupos diferentes del testigo y del tratamiento con nematicida (Cuadro 3). Generalmente las plantas crecidas en suelo mejorado con vermicomposta 7.5 y 12.5 t·ha⁻¹ presentaron una reducción en el agallamiento (IA) y necrosis radical (NR), y mayor PSF. El IA disminuyó significativamente, en comparación con el testigo, en 28 y 29 % al incorporar 7.5 y 12.5 t·ha⁻¹ de vermicomposta, respectivamente; de manera similar en estos mismos tratamientos se incrementó significativamente en 92 y 85 % el PSF.

A los 55 días después del trasplante se encontró una correlación positiva tanto entre el volumen radical (VR) y el peso seco del follaje y de la raíz (PSR y PSF), como entre el PSR y el PSF (Cuadro 4). A los 85 días posteriores al trasplante el VR se correlacionó positivamente con el PSF y la correlación entre NR y PSF fue negativa (Cuadro 4). Es de esperar que a mayor cantidad de raíces exista un mejor desarrollo de la planta y que a medida que se incremente la muerte de raíces se afecte la absorción de agua y nutrientes y se reduzca el desarrollo del dosel vegetal.

CUADRO 4. Análisis de correlación entre las variables volumen radical (VR), peso seco de raíz (PSR), necrosis radical (NR) y peso seco del follaje (PSF) evaluadas a los 55 y 85 días posteriores al trasplante (dpt).

Relación	Ecuación		R ²	Pr>F
	55 dpt			
PSF-VR	PSF = -0.36802 + 0.81697(X)		0.5777	0.0001
PSR-VR	PSR = 0.54271 + 0.08685(X)		0.7060	0.0001
PSF-PSR	PSF = -3.09548 + 8.1450(X)		0.6134	0.0001
85 dpt				
PSF-VR	PSF = 3.24629 + 1.02464(X)		0.6618	0.0001
PSF-NR	PSF = 54.12107 - 10.69695(X)		0.5383	0.0001

DISCUSIÓN

La incorporación de mejoradores orgánicos al suelo, generalmente ha permitido incrementar la producción de los cultivos debido a los cambios físicos, químicos y biológicos que ocurren en el suelo y que benefician al desarrollo de la planta. Dentro de ellos, la vermicomposta es considerada como el mejor abono orgánico que existe (Compagnoni, 1983; Martínez y Gómez, 1995) y su incorporación al suelo ha permitido reducir el impacto de varios fitopatógenos que infectan a través de las raíces (Szczzech *et al.*, 1993; Szczzech y Brzeski, 1994; Pereira *et al.*, 1996a, 1996b; Orlikowski y Skrzypczak, 1997; Rodríguez-Navarro *et al.*, 2000). En el presente estudio la incorporación de vermicomposta redujo significativamente el índice de agallamiento causado por *N. aberrans* en plantas de jitomate, tanto en condiciones de invernadero como de campo. La incorporación de vermicomposta aporta una importante carga microbiana que repercute en la diversificación de la biota del suelo y favorece la presencia de organismos antagonistas que interfieren con el establecimiento de fitopatógenos (Primavesi, 1984).

CUADRO 3. Efecto de la vermicomposta a los 55 y 85 días (d) después del trasplante de plantas de jitomate Var. Río Grande en una microparcela infestada con *Nacobbus aberrans*.

TRAT	IA		NR		VR (cm ³)		PSR (g)		PSF (g)	
	55 d	85 d	55 d	85 d	55 d	85 d	55 d	85 d	55 d	85 d
T	51.1 a	89.4 a	1.9 a	3.2 a	12.6 ab	15.6 a	1.8 a	2.7 a	7.8 c	19.1 b
Ncda	44.4 a	88.2 a	1.5 ab	3.1 a	11.1 b	18.03 a	1.5 a	3.2 a	7.9 c	17.9 b
V100	50 a	80.7 ab	1.5 ab	2.7 ab	15.3 ab	18.7 a	1.9 a	2.6 a	11.5 bc	22.4 ab
V300	34.2 a	64.7 b	1.5 ab	2.0 b	17.9 ab	28.03 a	2.2 a	3.8 a	19.0 a	36.6 a
V500	40.6 a	63.9 b	1.0 b	2.1 ab	20.2 a	29.03 a	2.1 a	4.2 a	15.2 a	35.3 a
CV	36.223	17.877	29.575	26.118	29.826	37.928	28.619	51.038	34.406	35.131

PSF: Peso Seco de Follaje; PSR: Peso Seco Raíz; VR: Volumen Radical; IA: Índice de Agallamiento; NR: Necrosis Radical; T: Testigo; Ncda: Nematicida; V100: Vermicomposta 100g (2.5 t·ha⁻¹); V300: Vermicomposta 300g (7.5 t·ha⁻¹); V500: Vermicomposta 500g (12.5 t·ha⁻¹); CV: Coeficiente de Variación. Cada cifra representa el promedio de seis repeticiones. Tratamientos con la misma letra no son diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05).

El efecto benéfico de la vermicomposta en el cultivo se tradujo en un mejor desarrollo de raíz y del dosel aún en presencia del nematodo, aunque cuando se incorporó una dosis de 20 %, en forma localizada causó mayor necrosis de raíz, debido a que el exceso de materia orgánica pudo haber favorecido la acumulación excesiva de agua, resultando en un inadecuado intercambio gaseoso por la saturación del espacio poroso y una ineficiente absorción de nutrimentos (Rodríguez *et al.*, 1992); el exceso de humedad además de favorecer el ataque de la raíz por ciertos hongos fitopatógenos, también puede provocar muerte celular por falta de oxígeno. En campo se observó un comportamiento similar que en invernadero, la adición de la vermicomposta favoreció el crecimiento de las plantas y redujo el ataque por el nematodo (28 y 29 % de reducción del índice de agallamiento, respecto al testigo) al incorporar 7.5 y 12.5 t·ha⁻¹.

La vermicomposta, en general, favoreció el mejor desarrollo de la planta aún en presencia del nematodo, así se encontró un incremento significativo en el peso del follaje con respecto al testigo con nematodo; de manera similar, Szczech *et al.* (1993), reportan que plantas de jitomate crecidas en vermicomposta presentaron mayor peso de follaje en comparación con el testigo, a pesar de que las raíces fueron severamente agalladas.

La incorporación de estiércol como enmienda también disminuyó en 40 % el índice de agallamiento; de igual manera Salgado *et al.* (1988), encontraron que con la incorporación de estiércol se redujo en 40 % el grado de agallamiento en plantas de chile (*Capsicum annum* L.). El principal efecto del estiércol es proveer y mantener una población abundante y compleja de microorganismos antagonistas. Durante la descomposición del estiércol se libera amoníaco y se modifica el pH (Rosas, 1985), se incrementan las poblaciones de microorganismos y la competencia entre ellos, favoreciendo así el control biológico (Pereyda y Abrego, 1994).

Bello *et al.* (2003), mencionan que cuando se añade materia orgánica al suelo, se produce una secuencia de cambios microbiológicos, con una proliferación de microorganismos que depende de la composición química del material incorporado. El incremento de la actividad microbiana produce también un aumento en los niveles de enzimas o toxinas capaces de dañar a los patógenos en el suelo (Pérez, 2003).

CONCLUSIONES

En invernadero, la incorporación de vermicomposta y estiércol, redujo significativamente el agallamiento radical inducido por *N. aberrans* en jitomate en 27 y 40 %, respectivamente. Ambas enmiendas incrementaron significativamente el volumen radical, peso seco de raíz y peso seco de follaje, y la necrosis radical fue significativamente reducida (25 %). En campo la aplicación de 12.5 t·ha⁻¹ (500 g·planta⁻¹) y 7.5 t·ha⁻¹ (300 g·planta⁻¹) de vermicomposta resultó en una

reducción significativa tanto del índice de agallamiento (29 %) como de la necrosis radical (37 y 34 %, respectivamente); mientras que, el peso seco de follaje aumentó en 92 y 85 %, respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al primer autor para realizar estudios de maestría, al Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo y al Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO, 2006. SAGARPA. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. [en línea] <http://www.oeidrus-portal.gob.mx/aaagricola-siap/ientida/index.jsp> [Consulta 21 Febrero 2008]
- BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A.; GARCÍA-ÁLVAREZ, A. 2003. Biofumigación en Agricultura Extensiva de Regadío. Mundi-Prensa. 670 p.
- CASTRO A. A. E.; ZAVALA-MEJÍA, E.; CID DEL PRADO, V. I.; ZANUDIO G. V. 1990. Rotación e incorporación de *Tagetes erecta* L. para el manejo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Tecamachalco, Puebla. Revista Mexicana de Fitopatología 8: 173-180.
- CHAVARRIA-CARVAJAL, J. A.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. 1998. Changes in soil enzymatic activity and control of *Meloidogyne incognita* using four organic amendments. Nematropica 28: 7-18.
- CID DEL PRADO, V. I.; EVANS, K.; MANZANILLA, L. R.; CRISTOBAL, A. J.; FRANCO, N. F. 1996. Estrategias para el manejo de *Nacobbus aberrans* asociado al cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Revista Mexicana de Fitopatología (resumen). Congreso Nacional de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco. p. 175.
- COMPAGNONI, L. 1983. Cría Moderna de las Lombrices. El Abono más Económico, Rentable y Eficaz. Editorial Vecchi. Barcelona España. 127p.
- CRISTÓBAL-ALEJO, J.; MORA-AGUILERA, G.; MANZANILLA-LÓPEZ, R. H.; MARBÁN-MENDOZA, N.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P.; CID DEL PRADO, V. I.; EVANS, K. 2006. Epidemiology and Integrated control of *Nacobbus Aberrans* on Tomato in México. Nematology 8: 727-737.
- DAULTON, R. A.; NUSBAUM, C. J. 1961. The effect of soil temperature on survival of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* and *M. hapla*. Nematologica 6: 230-294.
- FRANCO-NAVARRO, F.; CID DEL PRADO-VERA I.; ZAVALA-MEJÍA, E.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P. 2002. Aplicación de enmiendas orgánicas para el manejo de *Nacobbus aberrans* en tomate. Nematropica 32: 113-124.
- HOLLANDER, M.; WOLF, D. A. 1973. Nonparametric Statistical Methods. John Wiley & Sons, Inc. New York. 503 p.
- LABRADOR, M. J. 1996. La Materia Orgánica en los Agroecosistemas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 67-78.
- MANZANILLA-LÓPEZ R. H.; COSTILLA, M. A.; DOUCET, M.; FRANCO,

- R.; INSERRAN, R.; LEHMAN, P. S.; CID DEL PRADO-VERA, I.; SOUZA, R. M.; EVANS, K. 2002. The genus *Nacobbus* Thorne & Allen, 1944 (Nematodo: Pratylenchidae): Systematics, Distribution, Biology and Management. *Nematropica* 32: 149-227.
- MARTÍNEZ, S. D.; GÓMEZ, Z. J. 1995. Uso de lombricompostos en la producción comercial del crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). *Acta Agronómica* (Colombia) 45: 79-84.
- PEREYDA, H. J.; ABREGO, H. A. 1994. Pudrición radical del frijol (*P. vulgaris* L.) abonado con estiércol. Memorias XXI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, Cuernavaca, Morelos. p. 31.
- PEREIRA, J. C.; CHÁVES, G. M.; ZAMBOLIM L.; MATSUOKA K.; ACUNA R. S.; VALE, F. X.; DO VALE, F. X. 1996a. Integrated control of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Fitopatología Brasileña* 21: 254-260.
- PEREIRA, J. C.; CHÁVES, G. M.; ZAMBOLIM L.; MATSUOKA K.; ACUNA R. S.; VALE, F. X.; DO VALE, F. X. 1996b. Control de *Sclerotium cepivorum* by the use of vermicompost, solarization, *Trichoderma harzianum* and *Bacillus subtilis*. *Summary Phytopathology* 22: 228-234.
- PÉREZ, C. N. 2003. Agricultura orgánica: bases para el manejo ecológico de plagas. Centro de estudios para el desarrollo agrario y rural de la Universidad Agraria de la Habana (CEDAR). Ed. Hivos. La Habana, Cuba. 80 p.
- PRIMAVESI, A. 1984. Manejo Ecológico del Suelo. Ed. Ateno, Argentina. 499 p.
- RODRÍGUEZ P. F.; VELÁSQUEZ, G.; CHAMORRO, C.; MARTÍNEZ, N. 1992. Adaptación tecnológica de la lombricultura en la zona cafetalera de Albán Cundimarca. *Acta Biológica Colombiana* 7: 91-109.
- RODRÍGUEZ-NAVARRO, J. A.; ZAVALETA-MEJÍA, E.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P.; GONZÁLEZ-ROSAS, H. 2000. Efecto de la vermicomposta en la nutrición, rendimiento y pudrición radical y de la corona (*Gerbera jamesonii* H. Bolus). *Fitopatología* 35: 66-79.
- ROSAS, R. M. 1985. Influencia de estiércol, alfalfa, metalaxil y sus combinaciones en la dinámica poblacional del hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands. Agente causal de la tristeza del aguacate (*Persea americana* Mill). Tesis de maestría. Colegio Postgraduados. Montecillos, Estado de México. 120 p.
- SALGADO, S. M.; MARBÁN, M. N.; ZAMUDIO, V. 1988. Comparación de los efectos de agregados orgánicos, nematocidas y solarización en la incidencia de *Meloidogyne incognita* asociado al cultivo de frijol en Techamachalco Puebla. Memorias XV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, Xalapa, Veracruz. p. 10.
- SAS INSTITUTE INC., 2000. SAS/STAT User's guide, Volume 2, Version 8.2, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SZCZECH M. W.; BRZESKI, M. W. 1994. Vermicompost- fertiliser or biopesticide? *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im Hugona* 41:-77-83. *In: CAB Abstract* 1994-1996.
- SZCZECH, M. W.; RONDONANSKY, M. W.; BRZESKI, U. S.; KOTOWSKI, J. F. 1993. Suppressive effect of a commercial earthworm compost on some root infecting pathogens of cabbage and tomato. *Biological Agriculture and Horticulture* 10: 47-52.
- VILLAR, E. M. J.; ZAVALETA-MEJÍA, E. 1990. Efecto de *Crotalaria longirostrata* Hook y Arnott sobre nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp). *Revista Mexicana de Fitopatología* 8: 166-172.
- YÁÑEZ-JUÁREZ, M. G.; ZAVALETA-MEJÍA, E.; FLORES-REVILLA, C.; CHÁVEZ-ALFARO, J. J.; VALDIVIA A. R. 2001. Management of wilting (*Phytophthora capsici* Leo.), root galling (*Nacobbus aberrans* Thorne and Allen), and virosis in chili (*Capsicum annum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 19: 40-48.
- ZAVALETA-MEJÍA, E.; ROJAS, M. R. I.; ZAVALETA, M. L. M. 1990. Effect of volatiles emanated from *brassicaceous* (*cruciferous*) residues on some soil-borne pathogens. Report on the Workshop on Chemical Interactions Between Organisms. November 12-17 Santiago, Chile. International Foundation for Science-IFS, Stockholm, Sweden. 118-123.
- ZAVALETA-MEJÍA, E.; CASTRO A. A. E.; ZAMUDIO, G. V. 1993. Efecto del cultivo e incorporación de *Tagetes erecta* sobre la población e infección de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en Chile (*Capsicum annum* L.). *Nematropica* 23: 49-56.
- ZAVALETA-MEJÍA, E.; GÓMEZ, R. O. 1995. Effect of *Tagetes erecta* L. -tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) intercropping on some tomato pests. *Fitopatología* 30: 35-46.
- ZAVALETA-MEJÍA, E. 2003. Incorporación de materia orgánica al suelo (Modificadores orgánicos), pp. 26-37. *In: Manejo Ecológico de Enfermedades*. E. ZAVALETA-MEJÍA; ROJAS, M. R. I.; OCHOA, M. D. L. (eds.) Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. Montecillo, México.