

PUDRICIÓN BASAL CAUSADA POR *Phytophthora capsici* EN PLANTAS DE CHILE TRATADAS CON VERMICOMPOST¹

Lidieth Uribe-Lorío², Leida Castro-Barquero², Felipe Arauz-Cavallini³, Carlos Henríquez-Henríquez²,
Mónica Blanco-Meneses³

RESUMEN

Pudrición basal causada por *Phytophthora capsici* en plantas de chile tratadas con vermicompost. El objetivo de este trabajo fue evaluar a nivel de invernadero el efecto de vermicompost sobre la incidencia y severidad de *Phytophthora capsici* en plantas de chile (*Capsicum annuum*). Esta investigación se realizó entre febrero y marzo del 2012 en el Centro de Investigaciones Agronómicas, Sabanilla, San José, Costa Rica. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y ocho plantas por unidad experimental en un arreglo factorial con los factores de dosis (0, 25% y 50% v/v vermicompost:suelo) e inoculación (0 y 500 zoosporas por gramo de suelo). Se trasplantaron plántulas de 35 días, que fueron inoculadas dos semanas después del trasplante. La aplicación de vermicompost provocó un aumento significativo del peso fresco foliar y del peso seco foliar y radical; a mayor dosis, mayor fue el incremento. Las plantas de todos los tratamientos que incluyeron inoculación con *P. capsici* presentaron síntomas de la enfermedad en la raíz. Los valores de incidencia y severidad fueron mayores para el tratamiento con 50% de abono. En este tratamiento se presentaron síntomas de marchitez. La ausencia de diferencias en las variables de peso fresco y seco entre los tratamientos inoculados y sin inocular, a los que se adicionó abono al 25%, sugiere que esta dosis podría compensar el daño causado por el patógeno. Se observó una menor concentración de nutrimentos en los tejidos de las plantas inoculadas lo que indica que el daño causado a la raíz pudo haber afectado la adquisición de nutrimentos.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, supresión de enfermedades, pudrición basal del tallo, enmiendas orgánicas.

ABSTRACT

Effect of vermicompost on pepper plants inoculated with *Phytophthora capsici*. The objective of this paper was to evaluate under greenhouse conditions the effect of the application of vermicompost on incidence and severity of *Phytophthora capsici* on pepper plants (*Capsicum annuum*). The experiment was conducted in February and March, 2012, at the Centro de Investigaciones Agronómicas, Sabanilla, San José, Costa Rica. A completely randomized design with 4 replicates and 8 plants per experimental unit, in a factorial design with doses (0, 25% and 50% v/v compost: soil), and inoculation (0 and 500 zoospores per gram of soil) was used. After 35 days, seedlings were transplanted, and two weeks later the plants were inoculated. The application of vermicompost caused a significant increase in fresh and dry shoot weight and dry root weight, the higher the dose, the greater the increase. Plants of all treatments in which *P. capsici* was inoculated showed root symptoms; the treatment with 50% compost resulted in symptoms of wilt and the highest incidence and severity of the disease. The lack of differences in fresh and dry weight between inoculated and uninoculated treatments with doses of 25% of compost, suggest that the last could compensate for the damage caused by the disease. An observed lower concentration of nutrients in the plant tissues inoculated with the pathogen indicates that damage to the root may have affected nutrient uptake.

Keywords: *Capsicum annuum*, disease suppression, *Phytophthora* blight of pepper, organic amendments.

¹ Recibido: 14 de marzo, 2013. Aceptado: 30 de junio, 2014. Este trabajo fue financiado por los proyectos VI 733-A9-012 y VI 733-A1-825 de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

² Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. lidieth.uribe@ucr.ac.cr (Autora para correspondencia), leida.castro@ucr.ac.cr, carlos.henriquez@ucr.ac.cr.

³ Centro de Investigación en Protección de Cultivos. San José, Costa Rica. felipe.arauz@ucr.ac.cr, monica.blancomeneses@ucr.ac.cr



INTRODUCCIÓN

La producción de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) tanto en Costa Rica como en otras partes del mundo, está limitada por la enfermedad conocida como pudrición basal del tallo o maya, causada por el oomicete *Phytophthora capsici* Leonian (Solís, 1989; Corrales et al., 1990; Kim et al., 2008). La enfermedad se presenta en áreas tropicales y subtropicales e infecta tanto raíces, tallos, hojas y frutos (Kim et al., 1997), siendo una de las enfermedades más destructivas a nivel mundial (Ristaino y Johnston, 1999; Hausbeck y Lamour, 2004). El patógeno causa pudrición de las raíces de la planta y lesiones negras en el tallo; circulares, acuosas y de color café grisáceo en las hojas, y cubiertas de esporangios blancos en los frutos. Las lesiones en tallos y hojas son comunes cuando el inóculo es dispersado por salpique del suelo a las partes inferiores de la planta (Ristaino y Johnston, 1999).

Debido a la naturaleza persistente del inóculo en el suelo, la estrategia para el control de este patógeno requiere un programa de manejo integral (Kim et al., 2008). Sin embargo, las medidas de control químico y cultural no siempre logran disminuir el inóculo de *P. capsici*, formado por zoosporas con alta movilidad en el suelo. Además, los fungicidas y fumigantes presentan un alto costo de aplicación, potencial daño ambiental, toxicidad y generación de resistencia en los cultivos (Cohen y Coffey, 1986; Lamour y Hausbeck, 2000; Lamour y Hausbeck, 2003). La presión continua de la enfermedad y la preocupación por el impacto ambiental causado por aplicaciones excesivas de productos químicos, hacen necesarias estrategias alternativas para el manejo de *P. capsici* (Hoitink et al., 1997; Chae et al., 2006).

La utilización de enmiendas orgánicas ha recibido mucha atención en las décadas recientes ya que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y estimula el crecimiento de las plantas (Zebarth et al., 1999; Barzegar et al., 2002). También se ha demostrado que tienen un efecto supresivo sobre enfermedades ocasionadas por patógenos de suelo (Kim et al., 1997; Noble y Coventry, 2005), incluyendo las causadas por *Phytophthora* spp. (Kim et al., 1997; Aryantha et al., 2000; Chae et al., 2006; Ntougias et al., 2008). Al respecto, Ntougias et al. (2008) al estudiar el uso de nueve tipos de compost sobre *Phytophthora nicotianae* en tomate, y Szczech y

Smolinska (2011) utilizando vermicompost producido a partir de estiércoles, reportaron altos niveles de supresión del patógeno.

Se han propuesto varios mecanismos para explicar la supresión de enfermedades por el uso de abonos orgánicos, entre ellos: la estimulación de comunidades nativas de antagonistas, la introducción de agentes de biocontrol al suelo, el aporte de nutrientes para el establecimiento y actividad de dichos organismos, la inducción de resistencia, el aumento en la disponibilidad de nutrimentos a la planta y la mejora en la condición de la raíz, todo ello favorece un crecimiento adecuado del cultivo y le permite tolerar las enfermedades o escapar de la infección (Huber, 1980; Huber, 1991; Hoitink y Grebus, 1994; Hointink y Boehm, 1999; Aryantha et al., 2000; Chae et al., 2006; Termorshuizen et al., 2006; Danon et al., 2007; Artavia et al., 2010).

El grado de supresión que se ha observado es muchas veces impredecible y varía de acuerdo a factores como el tipo de biomasa de origen, el proceso de compostaje, la estabilidad del producto, el tipo de aplicación y la dosis empleada (Hoitink et al., 2006; Rijn et al., 2007; Lozano et al., 2009; Artavia et al., 2010). Al respecto, Bonanomi et al. (2010) al analizar 1964 experimentos observaron supresión en el 45% de los casos, ningún efecto en el 35% e incremento en la incidencia de la enfermedad en el 20% restante. En ensayos a nivel de campo realizados en Costa Rica sobre la supresión de *P. capsici* con el uso de abonos orgánicos, Corrales et al. (1990) encontraron que la incorporación de 4 t/ha de gallinaza al suelo redujo la incidencia de la enfermedad a un nivel de 29%, mucho menor que los valores presentados por el tratamiento químico (87%) y el uso de compost a base de bagazo y cachaza (65%). Las plantas a las que se les aplicó gallinaza presentaron mayor área foliar, floración y rendimiento que el testigo químico. Hidalgo (2009) a su vez, encontró que la adición de vermicompost a base de estiércol favoreció el desarrollo de la enfermedad, aunque se observó un incremento en las variables de desarrollo de la planta con el uso del abono.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de un vermicompost de origen bovino sobre el crecimiento del chile dulce y sobre la incidencia y severidad de los daños causados por *P. capsici*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento e identificación de *Phytophthora capsici*.

El aislamiento de *P. capsici* se obtuvo a partir de plantas de Chile colectadas en una finca en el Guarco de Cartago que mostraban síntomas de la enfermedad, las plantas se trasladaron al Laboratorio de Microbiología Agrícola del Centro de Investigaciones Agronómicas donde se realizó el aislamiento del oomicete. Se hicieron cortes a partir de zonas del tallo que presentaban lesiones, las secciones se desinfectaron con cloro, se incubaron en placas de petri con 10 ml de agua desionizada estéril hasta que se desarrolló micelio y se colocaron sobre placas petri con medio PDA para el crecimiento del oomicete. La cepa se identificó por sus características culturales y morfológicas como *Phytophthora* sp. (Figura 1).

La identificación molecular se realizó en el Laboratorio de Técnicas Moleculares aplicadas a la Fitoprotección del Centro de Investigación en Protección de Cultivos (CIPROC), para lo cual se extrajo ADN a partir de micelio fresco de la cepa, utilizando el método CTAB (Trout et al., 1997). Se realizó la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) con los cebadores

específicos ITS4 e ITS5, que cubren la secuencia parcial del ARN del gen ribosomal 18S, el espaciador interno transcrito 1, el ARN del gen ribosomal 5.8S, el espaciador interno transcrito 2 y la secuencia parcial del ARN del gen ribosomal 28S. La presencia de una sola banda fue confirmada mediante electroforesis en gel de agarosa (0,8%). La secuenciación se realizó al producto purificado de PCR a una concentración de 50 $\eta\text{g}/\mu\text{l}$, en la empresa Macrogen Inc. utilizando un secuenciador de Applied Biosystems 3730XL. Los resultados según el BLAST (GenBank-NCBI) muestran que la secuencia en un total de 826 nucleótidos analizados tiene una similitud de 100% con aislamientos de *Phytophthora capsici* (Acc. No GU111643.1, entre otras). La secuencia fue ingresada en GenBank bajo el número de accesión KC677731.

Ensayo de invernadero

El ensayo se realizó en los meses de febrero y marzo del 2012 en los invernaderos del Centro de Investigaciones Agronómicas. Se utilizó suelo proveniente de Chachagua, San Carlos, Alajuela. El suelo se trató con vapor a 96 °C por 24 horas. Posteriormente se mezcló con vermicompost de

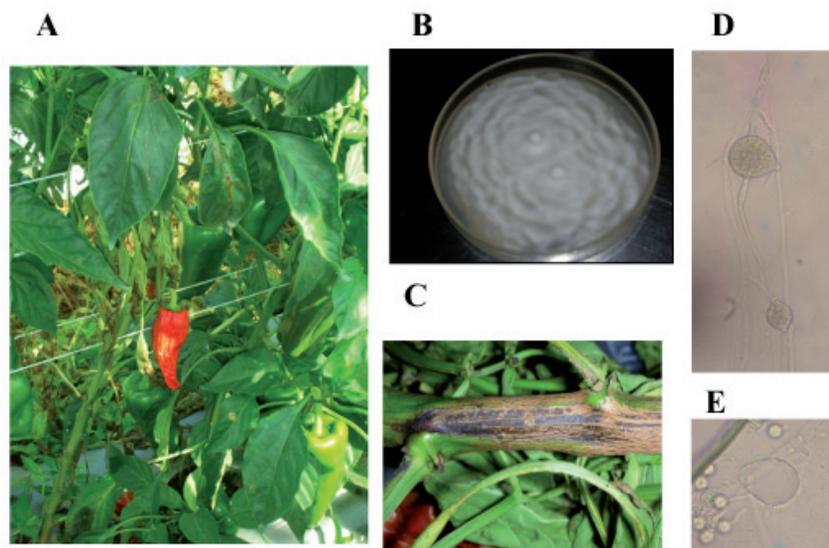


Figura 1. Aislamiento de *Phytophthora capsici* a partir de plantas con síntomas en una plantación de Chile. [A]: Planta con síntomas de marchitez. [B]: Crecimiento de *P. capsici* en PDA. [C]: Tallo sintomático [D]: Esporangios. [E]: Zoosporas. Guarco, Cartago, Costa Rica. Junio, 2010.

origen bovino procedente de la Sede del Atlántico, Recinto Turrialba, en una proporción de 0%, 25% y 50% v/v abono:suelo, se colocó en macetas y se incubó durante cinco semanas. Tanto el suelo como el abono se analizaron en el Laboratorio de Suelos y Foliarens del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar con cuatro repeticiones, cada unidad experimental consistió en ocho plantas de chile que fueron trasplantadas a los 35 días de edad en macetas de 200 ml de capacidad. La inoculación se realizó a los catorce días después del trasplante (ddt). El riego se aplicó manteniendo una lámina de 4 cm de agua en el recipiente en el que se colocó la maceta. Los datos se analizaron con el programa INFOSTAT, mediante un análisis de varianza (ANDEVA) con un arreglo factorial. Los factores analizados fueron: dosis (0, 25% y 50% v/v vermicompost:suelo), e inoculación (0 y 500 zoosporas por gramo de suelo). Para la separación de medias se utilizó LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Preparación del inóculo de *P. capsici*

Para la preparación del inóculo se utilizaron las metodologías descritas por Kim et al. (1997) y Fernández et al. (2007) de la siguiente manera: a partir

de un cultivo de *P. capsici* de diez días de crecimiento en medio de PDA, se cortaron diez secciones de 5 mm de diámetro del medio conteniendo micelio. Los discos se colocaron en placas de petri con 20 ml de agua desionizada estéril. El material se incubó a 25 °C durante quince días para la formación de esporangios, la liberación de zoosporas se logró al enfriar los cultivos a 5 °C por una hora, seguida por incubación a 25 °C por 30 minutos. La concentración de zoosporas fue determinada usando un hemacitómetro después de agitar por un minuto con un vortex a fin de inducir las zoosporas a enquistarse (Kim et al., 1997). La suspensión se diluyó con agua desionizada estéril para obtener un inóculo de 6×10^4 zoosporas/ml (aprox. 500 zoosporas/g de suelo). Cada planta se inoculó con 1 ml de la suspensión de zoosporas. Las plantas del control se trataron con agua desionizada estéril.

Variables evaluadas

Se determinó el peso fresco de follaje y raíz, así como el peso después de secar el material a 60 °C por dos días. Además, se evaluó la incidencia y severidad de la enfermedad tanto para la parte radical como para la parte aérea utilizando como base las escalas de síntomas indicadas en las Figuras 2 y 3.

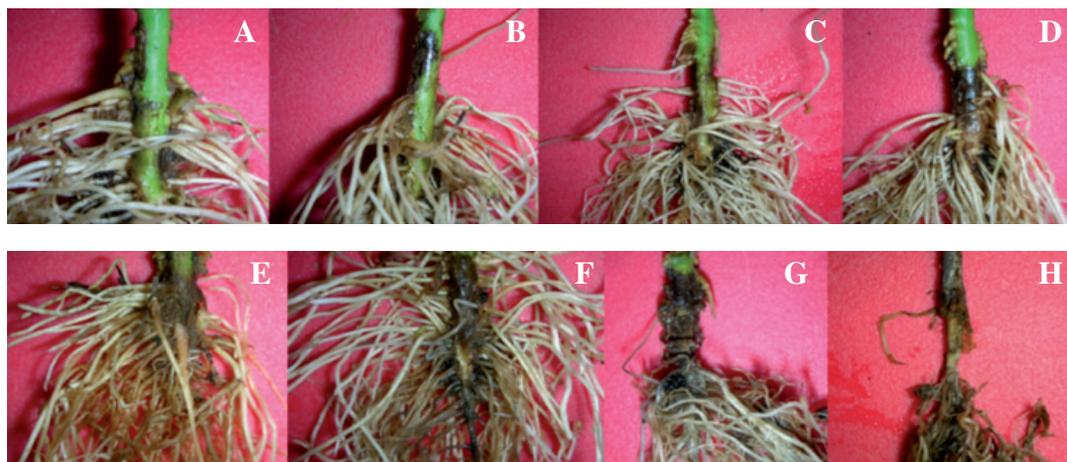


Figura 2. Escala de severidad del ataque de *P. capsici* en la raíz de las plantas de chile *Capsicum annum* var Natalie. [A]: Lesión circular seca [B]: Necrosis ligera en la base de la raíz, lesión mayor de 0,5 cm. [C]: Necrosis seca aprox 1,5 cm, suberizadas, raíces adventicias [D]: Raíz que presenta lesiones con necrosis de 2 cm [E]: Lesiones con necrosis de 2 cm, raíces empiezan a desprenderse [F]: Lesiones con necrosis de 2 cm, se desprende gran cantidad de raíces [G]: Se desprende epidermis dejando tejido vascular, pérdida de 50% de raíces y [H]: Desprendimiento 80% raíces se expone tejido pérdida de epidermis, raíces necróticas. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, Sabanilla, Costa Rica. Marzo, 2012.

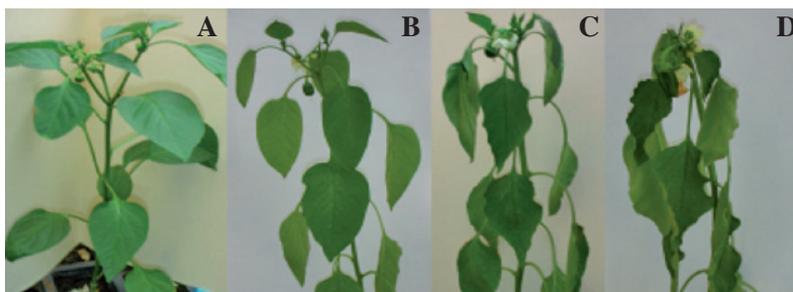


Figura 3. Escala de severidad del ataque de *P. capsici* de la parte aérea de las plantas de chile *Capsicum annuum* var Natalie. [A]: Planta sana. [B]: Planta con algunas hojas con pérdida de turgencia. [C]: Plantas con todas las hojas con pérdida de turgencia [D]: Plantas con hojas marchitas. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica, Sabanilla, Costa Rica. Marzo, 2012.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suelo utilizado como sustrato tiene una fertilidad de media a baja y a pesar de los bajos contenidos de Mg y K mostrados, no manifestó problemas de acidez. El nivel de P disponible estuvo por debajo de los límites detectables en el análisis de suelos y el contenido de materia orgánica fue levemente bajo para este tipo de suelo (Cuadro 1).

El vermicompost mostró niveles comparativamente altos de elementos con respecto a otros abonos orgánicos (Durán y Henríquez, 2007). El pH obtenido (6,7), evidencia el alto grado de estabilidad del material. Szczech y Smolinska (2011), indican que abonos a base de estiércoles tienen pH cercano a la neutralidad o ligeramente alcalinos y un mayor contenido de nutrimentos comparados con los de origen vegetal (Castro et al., 2009), por lo que su uso favorece las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo y el desarrollo de la planta. La relación C/N fue de 10,5, en este sentido Day y Shaw (2001), indican que un valor de C/N entre 10 y 20 es aceptable para abonos orgánicos, los materiales con relaciones C/N <10 permitan una mayor liberación de nutrimentos que

aquellos con valores >20 (Fassbender y Bornemisza, 1987; Day y Shaw, 2001) (Cuadro 2).

El alto valor de conductividad eléctrica presentado (19,7 mS/cm) se atribuye a que el proceso de vermicompostaje se realizó bajo techo, lo que reduce la lixiviación de nutrientes y permite una mayor concentración de los mismos en forma de sales (Vanderghyest et al., 2004).

Las sales presentes en los abonos orgánicos provienen de los estiércoles, agua, fertilizantes y otros ingredientes utilizados para enmendar el producto final; cuando estas sales se acumulan cerca de la zona radical a un nivel en el cual la raíz no puede extraer suficiente agua, puede reducirse el rendimiento del cultivo (Vanderghyest et al., 2004). Debido a esto, se recomienda que la conductividad eléctrica en abonos utilizados en viveros e invernaderos estén en un rango de 2,0 a 5,0 mS/cm, de manera que cuando el abono se incorpore al medio de crecimiento, la mezcla no exceda 3,0 mS/cm para viveros y 2,0 mS/cm para cultivos en invernadero (Miller, 2001; Dimambro et al., 2007).

A pesar del alto valor de salinidad del vermicompost utilizado, su aplicación a las plantas de chile resultó en

Cuadro 1. Análisis químico del suelo. Chachagua, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2012.

pH		cmol(+)/l			%			mg/l				%
H ₂ O	Acidez	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn	MO
6,5	0,15	4,53	0,89	0,01	5,58	3	ND	1,6	8	54	14	1,9

Cuadro 2. Análisis químico del abono orgánico procedente de la Sede de Turrialba, Cartago, Costa Rica. 2012.

pH		%						mg/kg				mS/cm
H ₂ O	Hum	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	CE
6,7	53	2,98	5,25	1,03	1,04	0,68	4637	238	940	637	23	19,7

un aumento significativo de su crecimiento evaluado como peso fresco y seco foliar, y peso seco radical, a mayor dosis, mayor el incremento (Cuadro 3 y Figura 4). Resultados similares fueron encontrados por Sanchez-Monedero et al. (2004) al evaluar once sustratos que presentaban valores de salinidad por encima de los niveles de referencia para su utilización en cultivos (3,2 a 13,2 mS/cm). Estos sustratos, a pesar de la alta salinidad, tuvieron efectos beneficiosos sobre el crecimiento de plantas de brócoli, tomate y cebolla en condiciones de viveros comerciales. Un efecto positivo en el crecimiento y producción de plantas de chile, fue también encontrado por Arancon et al. (2005) al utilizar vermicompost de diferentes fuentes, los autores atribuyeron el aumento en el área foliar y en la biomasa de la parte aérea, a los nutrientes, materia orgánica, hormonas u otros reguladores de crecimiento aportados por los abonos.

La incorporación de nutrientes por medio de la adición del vermicompost se muestra en el Cuadro 4. Las plantas presentaron un mayor contenido de N, P, Mg, K y Cu, que las plantas sin abono. Sanchez-

Monedero (2004) también encontró un mayor contenido de elementos en el tejido de plantas que crecieron en sustratos a los que se les adicionó compost.

Cuando las plantas de chile fueron inoculadas con *P. capsici*, no se observó diferencias en las variables de crecimiento con respecto al tratamiento testigo (sin inocular y sin abono). La adición de vermicompost al 25% aumentó el peso fresco y seco aéreo; sin embargo, una dosis mayor no produjo un aumento en el crecimiento de la planta, por el contrario, el peso fresco radical del tratamiento con 50% de vermicompost fue significativamente menor que el del tratamiento testigo (Cuadro 3 y Figura 4). Este comportamiento se debe probablemente al daño que causó *P. capsici* en las raíces (Figura 2), el cual afectó la nutrición de las plantas, observándose una menor concentración de nutrientes en los tejidos del chile inoculado con el patógeno (Cuadro 5).

En el caso del Fe hay que destacar que al comparar los tratamientos sin adición de abono, el inoculado con *P. capsici* (SP), presentó un contenido foliar significativamente menor de este elemento, lo

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de vermicompost sobre plantas de chile *Capsicum annum* var Natalie inoculadas con *Phytophthora capsici*. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Marzo, 2012.

Tratamiento	Peso fresco aéreo (g)	Peso fresco radical (g)	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radical (g)
S	46,57 a	39,21 bcd	7,33 a	4,01 a
SV25%	97,94 b	42,81 cd	12,90 b	4,09 a
SV50%	116,57 c	44,15 d	17,13 c	4,83 b
SP	42,10 a	33,08 ab	6,83 a	3,60 a
SV25%P	87,65 b	35,00 abc	13,18 b	3,54 a
SV50% P	83,45 b	29,22 a	12,55 b	3,44 a
p	<0,0001	0,0174	<0,0001	0,01

(S) Suelo (SV25%) Suelo + vermicompost al 25%, (SV50%) Suelo + vermicompost al 50%, (SP) Suelo + *P. capsici*, (SV25%P) Suelo + vermicompost al 25% + *P. capsici*, (SV50%P) Suelo + vermicompost al 50% + *P. capsici*.

Letras diferentes en la misma columna implican diferencias significativas según LSD p<0,05).



Figura 4. Efecto de la adición de vermicompost y la inoculación con *P. capsici* sobre plantas de chile *Capsicum annuum* var Natalie. [A]: Suelo, [B]: Suelo + vermicompost al 25%, [C]: Suelo + vermicompost al 50%, [D]: Suelo + *P. capsici*, [E]: Suelo + vermicompost al 25% + *P. capsici*, [F]: Suelo + vermicompost al 50% + *P. capsici*. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Marzo, 2012.

Cuadro 4. Contenido nutricional de las plantas de chile *Capsicum annuum* var Natalie según la dosis de vermicompost aplicada. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Marzo, 2012.

Dosis de abono	N	P	Ca	Mg	K	S	Cu
	%						Mg/kg
0%	2,2 a	0,31 a	1,84 a	0,50 a	2,18 a	0,40 a	7,25 a
25%	2,47 b	0,34 b	1,79 a	0,69 b	3,84 b	0,38 a	8,38 b
50%	3,05 c	0,36 b	1,74 a	0,76 c	5,12 c	0,40 a	8,38 b
p	<0,001	0,0008	0,3504	<0,0001	<0,0001	0,1176	0,0493

Letras diferentes en la misma columna implican diferencias significativas según LSD $p < 0,05$).

Cuadro 5. Contenido de nutrientes en los tejidos de las plantas de Chile *Capsicum annuum* var Natalie inoculadas y no inoculadas con *Phytophthora capsici*. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Marzo, 2012.

Tratamiento	N	P	Ca	Mg	K	S	Cu
			%				(mg/kg)
Sin inocular	2,64 a	0,35 b	1,90 b	0,69 b	3,94 b	0,41 b	9,0 b
Inoculado	2,50 a	0,32 a	1,67 a	0,61 a	3,49 a	0,37 a	7,0 a
p	0,0788	0,0009	0,0005	0,0014	0,001	<0,0001	0,0001

Letras diferentes en la misma columna implican diferencias significativas según LSD $p < 0,05$.

que parece indicar algún tipo de competencia por el hierro en el sistema planta-patógeno, mientras que en los tratamientos con vermicompost y *P. capsici*, los contenidos de Fe no difirieron significativamente del tratamiento control, al parecer la adición del abono aporta al sistema el Fe necesario (Cuadro 6).

Todos los tratamientos inoculados con *P. capsici* mostraron síntomas de la enfermedad en la parte radical (Cuadro 7, Figura 2), siendo los valores de incidencia y severidad mayores para el tratamiento con 50% de vermicompost que presentó además marchitez (Figura 3D). Estos resultados coinciden

Cuadro 6. Efecto de la inoculación con *P. capsici* y la adición de vermicompost sobre el contenido de Fe en los tejidos de plantas de *C. annuum*. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Marzo, 2012.

Tratamientos	Fe
	(mg/kg)
S	156,75 b
SV25%	136,50 ab
SV50%	149,25 b
SP	96,50 a
SV25%P	127,25 ab
SV50% P	172,25 b
p	0,0476

(S) Suelo (SV25%) Suelo + vermicompost al 25%, (SV50%) Suelo + vermicompost al 50%, (SP) Suelo + *P. capsici*, (SV25%P) Suelo + vermicompost al 25% + *P. capsici*, (SV50%P) Suelo + vermicompost al 50% + *P. capsici*.

Letras diferentes en la misma columna implican diferencias significativas según LSD $p < 0,05$.

con lo observado por Kim et al. (1997) quienes señalan que el uso de humatos y lodos composteados incrementaron significativamente el daño causado por *Phytophthora* en la raíz y en la corona del tallo de plantas de Chile, además redujeron el peso seco de raíces y tallos, y con Hidalgo (2009) al utilizar a nivel de campo, el vermicompost proveniente de la Sede de Turrialba. Contrariamente, Corrales et al. (1990) encontraron a nivel de campo en Costa Rica, que el uso de gallinaza redujo significativamente la incidencia de la enfermedad. Además, Aryantha et al. (2000) observaron también que el uso de gallinaza fresca y composteada redujo la sobrevivencia de *P. cinnamomi* y el desarrollo de la enfermedad en plantas de *Lupinus albus*, mientras que la adición de estiércol de vacuno, ovino y equino, tanto fresco como composteado no logró suprimir las poblaciones del patógeno ni los síntomas de la enfermedad. Estos resultados indican que el origen y proceso del material utilizado son factores importantes en la supresión de las enfermedades y que mayor investigación debe realizarse en este tema, especialmente si se considera que los residuos orgánicos son frecuentemente inefectivos o conductivos para patógenos con una alta capacidad saprofitica (Hoitink et al., 1997; Bonanomi et al., 2010). Al analizar el resultado de 28 experimentos en los cuales se evaluó el efecto de enmiendas orgánicas sobre *Phytophthora* spp., Bonanomi et al. (2010) encontraron que en un 50% de los casos no se encontró ninguna respuesta, en el 25% fue positiva (reducción de las poblaciones del patógeno) mientras que en el otro 25% se incrementó el desarrollo de las poblaciones del patógeno y la incidencia de la enfermedad.

Si bien la enfermedad fue más severa en el tratamiento suelo con vermicompost al 25% e

Cuadro 7. Efecto de la aplicación de vermicompost sobre plantas de chile inoculadas con *Phytophthora* sp. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Marzo, 2012.

Tratamiento	Raíces		Parte aérea	
	Incidencia %	Severidad	Incidencia %	Severidad
S	0	0	0	0
SV25%	0	0	0	0
SV50%	0	0	0	0
SP	65,6 a	0,8 a	0	0
SV25%P	71,9 ab	2,9 b	0	0
SV50% P	96,9 b	6,1 c	46,9	1,3
p	0,0422	<0,0001		

(S) Suelo (SV25%) Suelo + vermicompost al 25%, (SV50%) Suelo + vermicompost al 50%, (SP) Suelo + *P. capsici*, (SV25%P) Suelo + vermicompost al 25% + *P. capsici*, (SV50%P) Suelo + vermicompost al 50% + *P. capsici*.

Letras diferentes en la misma columna implican diferencias significativas según LSD p<0,05).

inoculado con *Phytophthora* (SV25%P) que en el inoculado con el patógeno (SP), no se observaron diferencias en las variables de peso fresco y seco entre estos tratamientos, al parecer con esta dosis de abono, la planta compensa el efecto de la enfermedad.

El abono afectó negativamente solo a las plantas inoculadas con *Phytophthora*, lo que podría atribuirse a que los compost salinos pueden aumentar las enfermedades causadas por *Pythium* y *Phytophthora*, a menos que se apliquen meses antes de la siembra (Hoitink et al., 1997). Al respecto, Sanogo (2004) encontró que la severidad de los síntomas causados por *P. capsici* en plantas de chile aumentó con la salinidad del sustrato, debido a efectos directos e indirectos sobre el patógeno, la planta y su interacción. En ese estudio la alta salinidad causó daño directo a la planta y un aumento en el crecimiento micelial de *P. capsici*, y al mismo tiempo una disminución en la producción de esporangios y zoósporas. Una mayor salinidad en la dosis más alta, probablemente explica el efecto encontrado respecto a la enfermedad en las plantas a las que se adicionó vermicompost al 50%.

LITERATURA CITADA

Arancon, N., C. Edwards, P. Biermanb, J. Metzgerc, y C. Luchtd. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49(4):297-306.

Artavia, S., L. Uribe, F. Saborío, L.F. Arauz, y L. Castro. 2010. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*). *Agron. Costarricense* 34(1):17-29.

Aryantha, I.P., R. Cross, y D.I. Guest. 2000. Suppression of *Phytophthora cinnamomi* in potting mixes amended with uncomposted and composted animal manures. *Phytopathology* 90:775-782.

Barzegar, A.R., A. Yousefi, y A. Daryashenas. 2002. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. *Plant Soil* 247:295-301.

Bertsch, F. 1995. Fertilidad de suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelos (ACCS), San José, Costa Rica.

Bonanomi, G., V. Antignani, M. Capodilupo, y F. Scala. 2010. Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases. *Soil Biol. Biochem.* 42:136-144.

Castro, A., C. Henríquez, y F. Bertsch. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agron. Costarricense* 33(1):31-43.

Cohen, Y., y M.D. Coffey. 1986. Systemic fungicides and the control of oomycetes. *Annu. Rev. Phytopathol.* 24:311-338.

Corrales, O., E. Vargas, y M.A. Moreira. 1990. Efecto de la materia orgánica en el combate de la pudrición basal del chile dulce (*Capsicum annuum*) causada por *Phytophthora capsici*. *Agron. Costarricense* 14(1):9-14.

- Chae, D.H., R. Jin, H. Hwangbo, Y.M. Kim, Y.C. Kim, R.D. Park, H.B. Krishnan, y K.Y. Kim. 2006. Control of late blight (*Phytophthora capsici*) in pepper plant with a compost containing multitude of chitinase-producing bacteria. *BioControl* 51:339-351.
- Danon, M., S. Zmora-Nahum, Y. Chen, y Y. Hadar. 2007. Prolonged compost curing reduces suppression of *Sclerotium rolfii*. *Soil Biol. Biochem.* 39:1936-1946.
- Day, M., y K. Shaw. 2001. Biological, chemical and physical processes of composting, En: P. Stofella, y B. Kahn, editores, *Compost utilization in horticultural cropping systems*. Lewis, USA. p. 18-22.
- Dimambro, M.E., R.D. Lillywhite, y C.R. Rahn. 2007. The physical, chemical and microbial characteristics of biodegradable municipal waste derived composts. *Compost Sci. Util.* 15:243-252.
- Durán, L., y C. Henríquez. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agron. Costarricense* 31(1):41-51.
- Fassbender, H., y E. Bornemisza. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. IICA, San José, Costa Rica.
- Fernández, E., M. Acosta, y V. Pinto. 2007. Efecto de aplicaciones de fungicidas sobre la incidencia de la marchitez (*Phytophthora capsici* Leo.) del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Rev. Mex. Fitopatol.* 25:186-189.
- Hausbeck, M.K., y K.H. Lamour. 2004. *Phytophthora capsici* on vegetable crops: research progress and management challenges. *Plant Dis.* 88:1292-1303.
- Hidalgo, M. 2009. Efecto del vermicompost sobre el cultivo del chile dulce (*Capsicum annuum*) y su interacción con *Phytophthora capsici*. Tesis para optar por el título de Licenciatura en Agronomía con énfasis en Fitotecnia, Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica.
- Hoitink, H.A.J., y M. Boehm. 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37:427-446.
- Hoitink, H.A.J., y M. Grebus. 1994. Status of biological control of plant diseases with composts. *Compost Sci. Util.* 2:6-12.
- Hoitink, H.A.J., L.V. Madden, y A.E. Dorrance. 2006. Systemic resistance induced by *Trichoderma* spp.: Interactions between the host, the pathogen, the biocontrol agent, and soil organic matter quality. *Phytopathology* 96:186-189.
- Hoitink, H.A.J., A.G. Stone, y D.Y. Han. 1997. Supresión de enfermedades de plantas mediante compost. *Agron. Costarricense* 21:25-33.
- Huber, D.M. 1980. The role of mineral nutrition in disease. En: J.G. Horsfall, y E.B. Cowling, editores, *Plant disease, an advanced treatise*. Academic Press, NY, USA. p. 381-406.
- Huber, D.M. 1991. The use of fertilizers and organic amendments in the control of plant disease. En: D. Pimentel, editor, *Handbook of pest management in agriculture*. CRC Press, Boca Ratón, FL, USA. p. 405-494.
- Kim, H.S., M.K. Sang, Y.C. Jeun, B.K. Hwang, y K.D. Kim. 2008. Sequential selection and efficacy of antagonistic rhizobacteria for controlling *Phytophthora* blight of pepper. *Crop Prot.* 27:436-443.
- Kim, K.D., S. Nemeč, y G. Musson. 1997. Control of *Phytophthora* root and crown rot of bell pepper with composts and soil amendments in the greenhouse. *Appl. Soil Ecol.* 5:169-179.
- Lamour, K.H., y M.K. Hausbeck. 2000. Mefenoxam insensitivity and the sexual stage of *Phytophthora capsici* in Michigan Cucurbit Fields. *Phytopathology* 90:396-400.
- Lamour, K.H., y M.K. Hausbeck. 2003. Effect of crop rotation on the survival of *Phytophthora capsici* in Michigan. *Plant Dis.* 87:841-845.
- Lozano, J., W. Blok, y A. Termorshuizen. 2009. Effect of compost particle size on suppression of plant diseases. *Environ. Eng. Sci.* 26:601-607.
- Miller, M. 2001. Fulfilling special needs of nurseries. *BioCycle* 42(4):55-59.
- Noble, R., y E. Coventry. 2005. Suppression of soil-borne plant diseases with composts: A review. *Biocontrol Sci. Techn.* 15:3-20.
- Ntougias, S., K.K. Papadopoulou, G.I. Zervakis, N. Kavroulakis, y C. Ehalotis. 2008. Suppression of soil-borne pathogens of tomato by composts derived from agro-industrial wastes abundant in Mediterranean regions. *Biol Fertil Soils* 44:1081-1090.
- Rijn, E., A. Termorshuizen, y A. Van Bruggen. 2007. Storage method affects disease suppression of flax wilt induced by composts. *Soil Biol. Biochem.* 39: 2743-2749.
- Ristaino, J.B., y S.A. Johnston. 1999. Ecologically based approaches to management of *Phytophthora* blight on bell. *Plant Dis.* 83:1080-1089.
- Sanchez-Monedero, M.A., A. Roig, J. Cegarra, M.P. Bernal, P. Noguera, M. Abad, y A. Antón. 2004. Composts as

- media constituents for vegetable transplant production. *Compost Sci. Util.* 12:161-168.
- Sanogo, S. 2004. Response of chile pepper to *Phytophthora capsici* in relation to soil salinity. *Plant Dis.* 88:205-209.
- Szczech, M., y U. Smolinska. 2011. Comparison of suppressiveness of vermicomposts produced from animal manures and sewage sludge against *Phytophthora nicotianae* breda de Haan var. *nicotianae*. *J. Phytopathol.* 149:77-82.
- Solís, V.C. 1989. Índice de enfermedades de los cultivos agrícolas de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica.
- Termorshuizen, A.J., E. Van Rijn, D.J. Van Der Gaag, C. Alabouvette, Y. Chen, J. Lagerlöf, A.A. Malandrakis, E.J. Paplomatas, B. Rämert, J. Ryckeboer, C. Steinberg, y S. Zmora-Nahum. 2006. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response. *Soil Biol. Biochem.* 38:2461-2477.
- Trout, C.L., J.B. Ristaino, M. Madritch, y T. Wangsomboondee. 1997. Rapid detection of *Phytophthora infestans* in late blight-infected potato and tomato using PCR. *Plant Dis.* 81:1042-1048.
- Vandergheynst, J.S., S. Pettygrove, T.M. Dooley, y K.A. Arnold. 2004. Estimating electrical conductivity of compost extracts at different extraction ratios. *Compost Sci. Util.* 12:202-207.
- Zebarth, B.J., G.H. Neilsen, E. Hogue, y D. Neilsen. 1999. Influence of organic waste amendments on selected soil physical and chemical properties. *Can. J. Soil Sci.* 79:501-504.