

SUPRESIVIDAD DEL COMPOST DE ORUJO DE VID FRENTE A MICOSIS EDÁFICAS DE PLÁNTULAS DE HORTALIZAS

Milagrosa Santos, Fernando Diáñez, Miguel de Cara, Julio C. Tello

Departamento de Producción Vegetal, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Almería, Carretera Sacramento s/n, La Cañada de San Urbano. 04120 Almería, (España). Tlf: 950015511/27, Fax: 950015939. E-mail: msantos@ual.es; jtello@ual.es

Resumen

La supresión de enfermedades producidas por patógenos del suelo mediante compost en los cultivos hortícolas se ha atribuido muy especialmente a la actividad antagonista de los microorganismos. Una gran diversidad de agentes de control biológico colonizan naturalmente el compost. Esto es especialmente importante para el control de oomicetos patógenos del suelo. El propósito de este trabajo fue determinar la capacidad supresora del compost de orujo de vid frente a *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium aphanidermatum* y *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* (*P. parasitica*). Previamente, se realizaron ensayos de antagonismo *in vitro* con 432 microorganismos obtenidos del compost de orujo de vid. Siete microorganismos fueron seleccionados para el enriquecimiento del compost para el bioensayo *Rhizoctonia solani* en rábano, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* en melón, *Phytophthora parasitica* en tomate y dos para *Pythium aphanidermatum* en pepino. Estos experimentos indican que el compost de orujo de vid reduce la severidad de la enfermedad causado por *Pythium*, pero no se produce supresión ni disminución de la severidad de la enfermedad causada por los hongos fitopatógenos *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* y *Phytophthora parasitica*. El enriquecimiento del compost o vermiculita con los microorganismos seleccionados no incrementa el efecto supresor.

Palabras clave: Compost de vid, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium aphanidermatum* y *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*, supresividad, control biológico.

Summary

Suppression of soil-borne mycosis by grape marc compost in vegetable seedlings

Suppression of soil-borne diseases of horticultural crops by compost has been attributed to the activities of antagonistic microorganisms. A great diversity of biological control agents naturally colonize compost. This is especially true for biological control agents effective against the soilborne Oomycete pathogens. The purpose of this research was to determine the suppressive capacity of grape marc compost against *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium aphanidermatum* and *Phytophthora parasitica*. Previously, antagonist *in vitro* assay were performed with 432 microbial morphologies isolated from grape marc compost. Seven microorganisms were selected for further bioassay with radish-*Rhizoctonia solani*, melon-*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, and tomato-*Phytophthora parasitica* and two microorganisms for cucumber-*Pythium aphanidermatum*. Those experiments indicate, that grape marc compost reduce the severity of *Pythium* damping-off on cucumber, but do not reduce the severity of *Phytophthora* root rot on tomato, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* on melon and *Rhizoctonia solani* on radish. The enrichment of compost or vermiculite with the selected microbes for compost do not improved the suppressive effects.

Keywords: Disease suppressivity, Biological control, Microbial antagonisms, grape marc compost, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium aphanidermatum* and *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*,

Introducción

Los sustratos supresivos son aquellos, en los que a pesar de la presencia de cultivos susceptibles y de condiciones favorables a la aparición de la enfermedad, los patógenos no son capaces de manifestarse, su presencia no determina el desarrollo de la enfermedad, o ésta comienza a manifestarse pero tiende después a desaparecer (Cook & Baker 1983), lo que implica que en estos medios se entorpecen o impiden una o varias etapas de la patogénesis o la instalación del patógeno.

En España se ha generalizado el empleo de las turbas como principal e incluso en ocasiones, el único elemento empleado en las producciones viverísticas y semillísticas. La generalización de su uso como componente de los sustratos para cultivo en contenedor, se justifica por sus excelentes propiedades físicas (Baker 1957, Verdonck *et al.* 1983, Puustjärvi 1994) y a la escasa actividad biológica que alberga (Baker 1957, Waksman & Puvis 1932), lo que, en principio, "simplifica su manejo".

La reducida actividad biológica de las turbas se debe al elevado grado de estabilidad de éstas, especialmente las turbas negras, constituidas por materiales orgánicos mucho más estabilizados que albergan menores poblaciones microbianas y éstas sobreviven menos tiempo (Boehm *et al.* 1993). Esta reducida capacidad de acogida de poblaciones microbianas es responsable de que muchas de las turbas sean conductoras de enfermedades. Las turbas denominadas rubias están menos descompuestas, tienen un alto contenido en celulosa y bajo en lignina (Puustjärvi & Robertson 1975), pueden sostener cierta actividad microbiana y llegar a ser supresivas de micosis como la caída de plántulas y pudrición de raíces por *Pythium* (Boehm & Hoitink 1992). Estas turbas una vez extraídas y expuestas a condiciones aeróbicas y enmendadas para elevar su pH, son colonizadas por microorganismos que pueden inducir microbiostasis, sobresaliendo entre ellos: ciertas bacterias (Boehm *et al.* 1993), ciertos hongos (Wolffhechel 1988) o ciertas cepas de *Streptomyces*, que actúan también por antibiosis (Tahvonen 1993). No obstante, la mayor parte de los estudios que se han realizado sobre los sustratos que contienen algún tipo de turba o mezcla de éstas como único componente orgánico, éstos se muestran conductivos a las enfermedades de origen edáfico, particularmente si son previamente desinfectados con vapor de agua (Hoitink & Fahy 1986), tratamiento generalmente necesario en sustratos en viveros y semilleros que vayan a ser reutilizados para eliminar posibles fitopatógenos (Kavanagh 1972).

En la búsqueda que se ha realizado en el mundo de nuevos sustratos, obtenidos mediante compostado de restos orgánicos, se ha encontrado en no pocas ocasiones con el descubrimiento de un nuevo valor añadido respecto a las turbas. Este valor añadido consiste en la capacidad de reducir o suprimir, la incidencia de determinadas enfermedades en las plantas, cuando estos

sustratos se emplean como medio de cultivo. Es evidente como esta propiedad es de notable interés en los sistemas de producción vegetal antes descritos, y constituye una interesante alternativa en el control de los fitopatógenos del suelo, el empleo de sustratos a base de compost de restos orgánicos, considerados supresivos o resistentes (Hoitink 1980, Hoitink & Fahy 1986, Migheli & Aloï 1992, Whipps 1992, Hoitink *et al.* 1993b, Campbell 1994, Fahy *et al.* 1995, Hoitink *et al.* 1996).

El control de los patógenos no constituye una tarea nada sencilla, y esta tarea es aún más difícil cuando abordamos el control de los patógenos telúricos, especialmente en sistemas de producción intensiva. Los sistemas de producción de plantas y plántulas hortícolas, ornamentales y forestales, son especialmente sensibles por la actual dependencia que se tiene de un sustrato conductor para estas enfermedades, como es la turba. Esta situación se produce también en las explotaciones comerciales que emplean la turba como sustrato base para el establecimiento final de los cultivos, práctica esta cada vez más en desuso, ya que se sustituye la turba por otros sustratos como la perlita, la lana de roca (sustratos inertes) o la fibra de coco (sustrato orgánico), algunos de ellos en principio conductivos dada su estado de esterilidad inicial. En el caso de la lana de roca se ha descrito la supresividad frente a *Pythium aphanidermatum*, cuando el sustrato es colonizado por distintos tipos de microorganismos como *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces griseoviridis* o *Trichoderma harzianum*, entre otros (Postma *et al.* 2000).

Las estrategias de control tradicionalmente recomendadas en determinados cultivos, como la rotación, son de difícil aplicación en estos sistemas de producción. En las fases de semillero o vivero no hay una recuperación del sustrato, ya que éste es generalmente consumido en el propio ciclo de producción. En la fase de establecimiento de cultivos hortícolas y ornamentales es difícil que sea la problemática fitopatológica la que dirija la ordenación de los cultivos. Gullino & Garibaldi (1990) justifican esta dificultad en dos hechos, por un lado la amplia polifagia de algunos patógenos como *Rhizoctonia solani*, *Verticillium dahliae* y algunas especies de *Pythium* y, por otro, la exigencia del mercado consumidor, que no consiente el cambio de los cultivos hortícolas y ornamentales sobre la base de una mera necesidad fitosanitaria. A estas dos consideraciones podemos añadir el elevado tiempo de supervivencia de determinadas estructuras de resistencia que condiciona turnos de rotación muy amplios. Existen otros condicionantes agronómicos, como la calidad del agua de riego, la adecuación de la estructura de producción, e incluso la propia capacitación o especialización del productor en uno o en un número reducido de cultivos que dificultan la realización de rotaciones de cultivo eficaces.

Una medida, en principio recomendable, es el uso de variedades resistentes o en su defecto tolerantes, de hecho, existen para la mayoría de las plantas cultivadas va-

Tabla 1. Ejemplos de supresividad frente a enfermedades por los compost

MATERIAL COMPOSTADO	PATÓGENO	REFERENCIA
Corteza de frondosas	<i>Phytophthora cinnamomi</i>	Hoitink <i>et al.</i> 1977 Sivasithamparam 1981 Spencer & Benson 1981, 1982 Blaker & MacDonald 1983 Hardy & Sivasithamparam 1991
	<i>Phytophthora citricola</i>	Spencer & Benson 1981 Hardy & Sivasithamparam 1991
	<i>Phytophthora drechleri</i>	Hardy & Sivasithamparam 1991
	<i>Phytophthora nicotianae</i> var. <i>nicotianae</i>	Hardy & Sivasithamparam 1991
	<i>Pythium ultimum</i>	Daft <i>et al.</i> 1979 Chen <i>et al.</i> , 1987 Chen <i>et al.</i> 1988
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Daft <i>et al.</i> 1979 Stephens <i>et al.</i> 1981 Nelson & Hoitink 1982, 1983 Kuter <i>et al.</i> 1983 Stephens & Stebbins 1985
	<i>Fusarium oxysporum</i>	Chef <i>et al.</i> 1983 Cebolla & Pera 1983 Trillas-Gay <i>et al.</i> 1986 Hoitink <i>et al.</i> 1991
	Nemátodos	Malek & Gartner 1975 McSorley & Galleary 1995
Corteza de pino	<i>Phytophthora</i> spp	Sivasithamparam 1981 Spencer & Benson 1981, 1982
	<i>Pythium</i> spp	Gugino <i>et al.</i> 1973 Zhang <i>et al.</i> 1996
	<i>Fusarium oxysporum</i>	Chef <i>et al.</i> 1983 Couteadieu <i>et al.</i> 1987 Pera & Calvet 1989
Orujo de uva	<i>Pythium aphanidermathum</i>	Mandelbaum <i>et al.</i> 1988
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Gorodecki & Hadar 1990
	<i>Sclerotium rolfsii</i>	Gorodecki & Hadar 1990 Hadar & Gorodecki 1991
Orujo de aceituna	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>dianthi</i>	Pera & Calvet 1989
Lodos depuradora	<i>Pythium</i> spp.	Lumsden <i>et al.</i> 1983
Residuos sólidos urbanos	<i>Rhizoctonia</i> spp.	Mathot 1987
Estiércol de ganado	<i>Pythium aphanidermatum</i>	Mandelbaum <i>et al.</i> 1988 Mandelbaum & Hadar 1990
	<i>Phytophthora nicotianae</i> var. <i>nicotianae</i>	Szcaech <i>et al.</i> 1993
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Gorodecki & Hadar 1990
	<i>Sclerotium rolfsii</i>	Gorodecki & Hadar 1990
	<i>Fusarium oxysporum</i>	Garibaldi 1988 Szczeczek <i>et al.</i> 1993
Lodos industria cervecera	<i>Pythium graminicola</i>	Craft & Nelson 1996
Residuos raíz regaliz	<i>Pythium aphanidermatum</i>	Hadar & Mandelbaum 1988

riedades resistentes a algunos de los más importantes fitopatógenos del suelo. Sin embargo, existen limitaciones al uso de las mismas, puesto que es muy difícil desarrollar cultivares resistentes frente a varios patógenos, incluso con las actuales técnicas moleculares. Además, la rápida erosión de la resistencia por la aparición de nuevas razas, hace que se tenga que utilizar con cierta prudencia los cultivares resistentes dentro del sistema productivo (Rodríguez-Kabana 1997, Avilés 1998). A esta situación, hay que añadir, al menos en los sistemas intensivos de producción de hortalizas, la rapidez con que se incrementa el número de problemas fitosanitarios en los cultivos. Este hecho dificulta notablemente los programas de mejora vegetal para la obtención de variedades resistentes a estos nuevos patógenos y a su vez resistentes a los preexistentes.

La práctica más habitual para resolver los problemas asociados a patógenos de los suelos y sustratos, es la desinfección del medio. La desinfección con fumigantes químicos y con vapor de agua es hoy la práctica de control más difundida en la mayoría de los cultivos hortícolas y ornamentales. Chellemi *et al.* (1994) consideran que estas prácticas, cuando son realizadas de forma adecuada, son bastante eficaces, permitiendo la eliminación total o parcial de los patógenos del medio hasta 35 cm de profundidad. La "eficacia" indicada por estos autores es claramente discutible si consideramos la durabilidad del proceso; la realización de desinfecciones de suelo ha conducido en muchas ocasiones a una dinámica de reiteración del proceso todas las campañas. Ejemplos claros de esta dinámica los encontramos en las aplicaciones anuales de Bromuro de metilo que se "realizaban" (aun están permitidos algunos usos críticos) en los cultivos de pimiento de Murcia y Alicante, en los de tomate de Valencia, en los de fresa de Huelva o en los de clavel de Cádiz y Sevilla. La desinfección del terreno o del sustrato de cultivo crea un "vacío biológico" después de la desaparición casi total de la microflora presente, que permite la rápida recolonización de los fitopatógenos supervivientes o de otros introducidos accidentalmente. La eliminación del Bromuro de metilo ha dado pie al desarrollo de otros sistemas más racionales de desinfección del suelo, como son la biofumigación y la biosolarización, sistemas en los que la materia orgánica recupera parte de su "valor perdido" en la agricultura (Tello *et al.* 2006).

La característica que queremos destacar en el presente trabajo es la capacidad supresora que presentan los sustratos a base de compost, frente a las principales enfermedades fúngicas de origen edáfico (Hoitink 1980, Hoitink & Fahy 1986, Hoitink *et al.* 1993a,b, Campbell 1994, Hoitink *et al.* 1996). Durante los últimos treinta años se ha desarrollado un importante cuerpo de conocimientos sobre el control biológico y ambiental de las enfermedades de origen telúrico asociado con el empleo de sustratos elaborados con compost. Este desarrollo se inició en la producción de planta ornamental en

maceta (Hoitink *et al.* 1975, Hoitink & Kuter 1985), pero actualmente se está extendiendo a todos los cultivos en sustratos (Campbell 1994, Avilés 1998). La mayoría de los compost poseen supresividad natural frente a las podredumbres radicales producidas por *Phytophthora* y *Pythium*, aproximadamente el 20% de los compost poseen supresividad natural frente a la caída de plántulas producida por *Rhizoctonia* (Krause *et al.* 1997, Hoitink & Boehm 1999), y menos del 10% de los compost inducen resistencia sistémica en las plantas (Zhang *et al.* 1996, 1998, Hoitink & Boehm 1999). En la tabla 1, se recogen algunos de los ejemplos de supresividad frente a enfermedades por los compost.

La supresividad en los compost al igual que sucede en los suelos, puede estar ligada a distintos factores de naturaleza física, química o biológica, factores que están entre sí muy interrelacionados. Entre los factores físicos podemos destacar la granulometría; este factor está a su vez íntimamente ligado a propiedades como la capacidad de aireación, de retención de agua, la infiltración, el contenido de humedad y la densidad aparente. Entre los factores químicos podemos señalar las relaciones C/N y lignina/celulosa, la conductividad eléctrica, salinidad, el pH y la presencia de ciertas sustancias tóxicas en la fase líquida que afectan a la incidencia de enfermedades producidas por fitopatógenos del suelo. Entre los factores biológicos encontramos diversos y variados microorganismos, responsables del control biológico mediante uno o varios de los mecanismos que indica Lockwood (1988), la competencia, la antibiosis, el parasitismo/depredación y la resistencia sistémica inducida. Hoitink & Fahy (1986) consideran que la microbiota de los compost es la principal responsable de la existencia de fenómenos de supresividad a enfermedades en los compost.

En el presente trabajo se evalúa la supresividad natural del compost de vid, así como la supresividad del mismo cuando éste se enriquece con microorganismos de control biológico aislados del mismo compost y ensayados *in vitro*, empleando para ello los modelos: *Pythium aphanidermatum*-pepino, *Rhizoctonia solani*-rábano, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis*-cucumernum-melón y *Phytophthora parasitica*-tomate. La elección de estos patógenos está motivada por su importancia en los cultivos intensivos bajo invernadero españoles y por su ubicuidad.

Material y Métodos

Evaluación *in vivo* de la capacidad supresora del compost de orujo de vid

El objetivo principal es estimar, en una primera aproximación, los posibles efectos supresivos del compost de orujo de vid frente a un grupo de hongos fitopatógenos del suelo que producen enfermedades tanto en semilleros como en cultivos bien establecidos, comparando este efecto con otro sustrato (vermiculita) y conocer los

efectos de la desinfección previa del mismo sobre esa posible supresividad (compost de orujo de vid tratado térmicamente con calor seco a 60 °C durante 6 días).

Durante estos ensayos se optó realizar la pregerminación de las semillas, aunque se prescindió de la interacción patógeno-huésped durante la germinación de la semilla, estado susceptible a la infección por ciertos patógenos asociados a la muerte de semillas en pre-emergencia (Jiménez-Díaz 1990). Esto nos permitió no imputar al patógeno las posibles marras de nascencia debidas a la posible fitotoxicidad del compost. Se pregerminaron las semillas correspondientes para cada ensayo en cámara húmeda a 25 °C y oscuridad, y se transplantaron a macetas de 300 mL a razón de 6 semillas por maceta en los distintos sustratos empleados (vermiculita, compost tratado térmicamente a 60 °C durante 6 días y compost sin tratamiento). Se realizaron 5 repeticiones con 6 plántulas cada una para cada fitopatógeno y microorganismo antagonista utilizado.

Se inoculó un matraz de 500 mL con 200 mL de medio líquido PD (0,2% en glucosa) con una colonia de cada uno de los distintos microorganismos antagonistas seleccionados en un ensayo previo *in vitro* (datos no publicados) y se incubaron a 25 °C y 150 rpm en un agitador orbital durante 36 h en el caso de bacterias y actinomicetos o 96 h en el caso de cepas fúngicas. El volumen necesario de inóculo se multiplicó en función del número de macetas a enriquecer. A la semana del trasplante se regaron los sustratos con 100 mL de los distintos inóculos antagonistas crecidos en medio PD (0,2% en glucosa) a una dilución 10^{-1} . Se inocula un matraz de 500 mL con 200 mL de medio líquido PD (0,2% en glucosa) con 4 discos de micelio de 5 mm de diámetro, de los distintos hongos fitopatógenos ensayados y se incubó a 25 °C y 150 rpm en un agitador orbital durante 96 h. El volumen necesario de inóculo se multiplicó en función del número de macetas a enriquecer. La inoculación del fitopatógeno se realizó en el estado de apunte de primera hoja verdadera mediante el riego al sustrato de una unidad de inóculo en cada maceta. La unidad de inóculo consistió en 100 mL de una dilución 1:10 del cultivo obtenido. Las unidades experimentales más complejas estaban compuestas por bandejas con 8 macetas cada una, distribuyéndose al azar los distintos antagonistas ensayados: 7 (*Burkholderia glumae*, *Achromobacter xylosoxidans*, *Corynebacterium pseudodiphtheriticum*, *Corynebacterium jeikeium*, *Fusarium solani*, *Aspergillus parasiticus* y *Aspergillus fischerianus* en el caso de los ensayos *Rhizoctonia solani* en rábano, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* en melón, y *Phytophthora parasitica* en tomate. En el caso *Pythium aphanidermatum* en pepino, dado que solamente se evaluaron dos antagonistas (*Aspergillus parasiticus* [antagonista nº 13] y *Aeromonas hydrophila* [70]), la unidad experimental fue más reducida. Las macetas se colocaron en las bandejas sobre placas de Petri que evita la posibilidad de contacto entre los lixiviados de macetas

vecinas. Las plantas se regaron con una frecuencia y módulo de riego adaptado al estado de desarrollo, hasta el final del ensayo y fueron fertirrigadas en riegos alternos con el fertilizante comercial complejo (Hakaphos verde 15.10.15 2 MgO Compo), aplicado a una concentración de 2 g/L. La evaluación de la incidencia de la enfermedad se realizó a lo largo de 45-50 días, realizando 4 lecturas del ensayo. La severidad de los síntomas se clasificaron en cuatro categorías: 1. Planta muerta; 2. Planta con daños muy severos; 3. Manifestación de síntomas moderados y 4. Planta sana. Tras la eliminación de todas las plantas del ensayo, se realizó una segunda siembra sobre el mismo sustrato donde se realizó la primera siembra, igualmente con semillas pregerminadas. A éstos no se le realizó ninguna aplicación más, ni de antagonista ni de fitopatógeno. Se sigue el mismo procedimiento y se añadió una categoría más en el análisis de severidad de la enfermedad: 5, no emergencia de la plántula. Los valores de severidad de la enfermedad de las distintas plantas presentes en una misma maceta fueron transformados en un índice de enfermedad. Finalmente, se realizó el tratamiento estadístico con el programa STATGRAPHICS 5.1 (SGS. 2001).

Resultados

Evaluación *in vivo* de la capacidad supresora del compost de orujo de vid

Para determinar la supresividad natural del compost en los ensayos *in vivo*, se emplearon las especies vegetales antes indicadas crecidas en distintos sustratos (compost sin tratar, compost tratado térmicamente durante 6 días a 60 °C y vermiculita esterilizada en autoclave), inoculados con los distintos patógenos.

La forma de realizar la inoculación de los patógenos en los distintos ensayos es un hecho de notable influencia en la valoración de la supresividad natural del compost. En la bibliografía no encontramos unos procedimientos definidos y aceptados por todos los autores para la evaluación de la supresividad natural de los compost, existiendo notables diferencias tanto en la forma de multiplicar los inóculos patógenos, como en la forma y dosis de aplicación de los mismos en estos ensayos. Este hecho dificulta la comparación de la valoración de los compost obtenidas en distintos trabajos. Así, autores como Gorodecki & Hadar (1990) evalúan la supresividad natural frente a *Rhizoctonia solani* del compost de orujo de vid, empleando turba como sustrato testigo y utilizando dosis de inóculo que llegan a producir una mortandad superior al 80% en los testigos. Erhart *et al.* (1999) evalúan la supresividad frente a *Pythium ultimum*, de 16 compost de residuos sólidos orgánicos urbanos y de un compost de orujo de vid (en proporción 30:70 compost y sustrato turba con arena), empleando también una mezcla 2:1 (v/v) turba y arena como sustrato testigo y alcanzando un mortandad en los testigos del 60%. Avilés (1998), cuando evalúa la su-

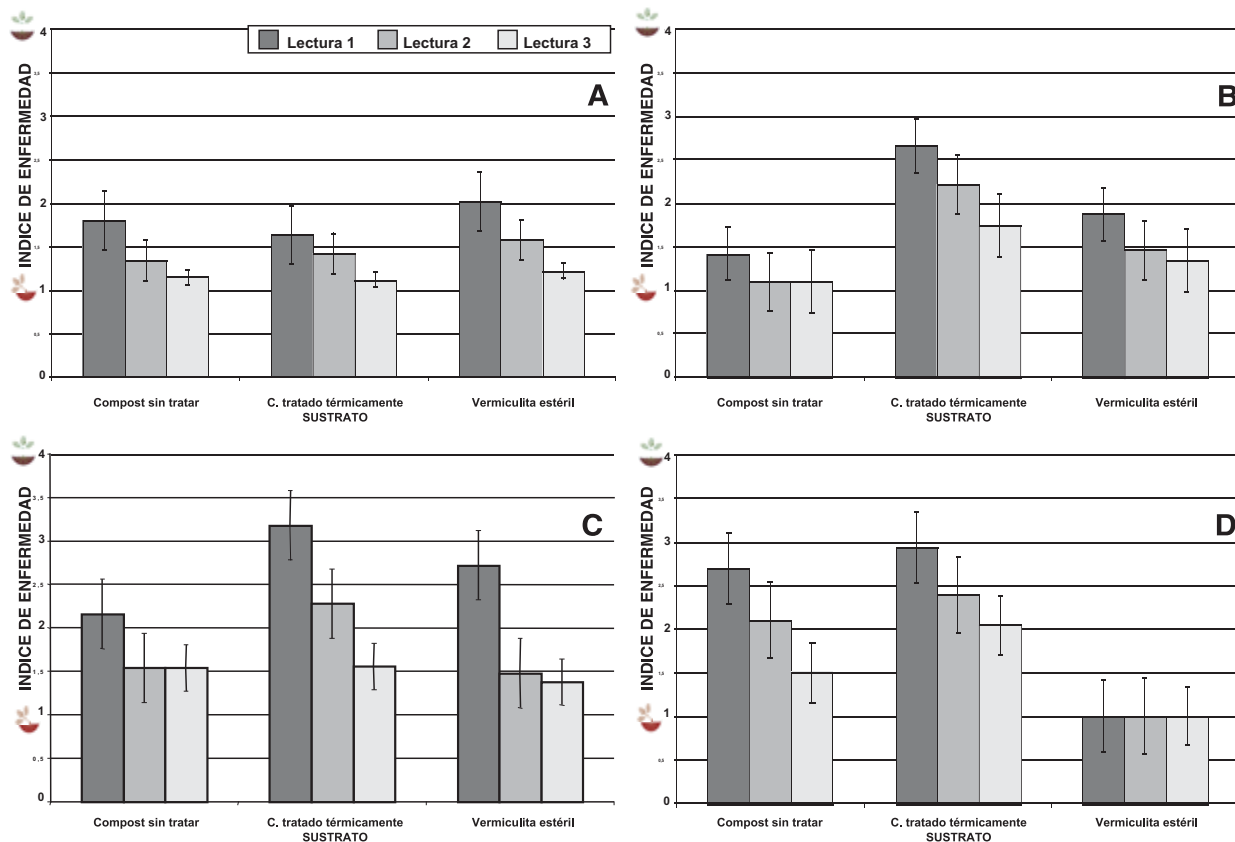


Figura 1. Índice medio de enfermedad obtenido de las tres lecturas realizadas en plantas de tomate inoculadas con *Phytophthora parasitica* en los distintos sustratos. A. Primer ensayo, B. Resiembra primer ensayo, C. Segundo ensayo y D. Resiembra segundo ensayo.

presividad natural del compost de residuos industrial del corcho frente a *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani* obtiene un mortandad inferior al 20 % en los testigos en turba. Por otra parte, Mandelbaum & Hadar (1990) emplean para la multiplicación del inóculo, turba inoculada con *Pythium aphanidermatum*, en la que tras tres siembras sucesivas de pepino, alcanzan un 90-100% de plantas enfermas. Esta turba se resuspende en 250 mL de agua y añadida la suspensión al sustrato a ensayar a razón de 2000 UFC·L⁻¹. Theodore & Toribio (1995) emplean para la multiplicación de *Pythium aphanidermatum* medio agarizado de harina de avena. Tras 15 días de crecimiento depositan en un matraz en agitación durante 2 horas el contenido de una placa con 250 mL de agua; posteriormente, se filtra y se ajusta la concentración de oosporas, añadiendo el inóculo a razón de 8000 oosporas·L⁻¹.

Dado que se pretendía evaluar la supresividad del

compost de orujo de vid, para poder recomendar su utilización en los sistemas de producción vegetal intensivos, consideramos que el procedimiento de evaluación debe ser lo suficientemente severo, como para que, en caso de obtener resultados favorables, éstos no puedan atribuirse al empleo de dosis de inóculos reducidas. Al emplear este criterio se corre el riesgo de no permitir la expresión de las distintas receptividades de los sustratos al aportar un potencial de inóculo tan elevado. Esta consideración ya fue enunciada por Avilés (1998) en los ensayos realizados con las distintas *formae speciales* de *Fusarium oxysporum* en distintos sustratos. La evolución de la enfermedad durante los distintos ensayos fue registrada en tres ocasiones. Los resultados obtenidos, -transformados en índice de enfermedad, de cada lectura realizada en cada ensayo, con cada uno de los patosistemas-, fueron sometidos a un análisis de la varianza simple considerando los factores sustrato y antagonista inoculado.

Tabla 2. Resumen de los valores de p obtenidos en los distintos análisis de la varianza de los valores medios del índice de enfermedad causada por *Phytophthora parasitica* en los distintos sustratos.

LECTURA	VALOR p OBTENIDO EN EL ANÁLISIS DE LA VARIANZA CON LOS ENSAYOS			
	1º	1º Resiembra	2º	2º Resiembra
1	0,7346	0,0395	0,2353	0,0113
2	0,7661	0,0992	0,3226	0,0965
3	0,7060	0,4643	0,8730	0,1351

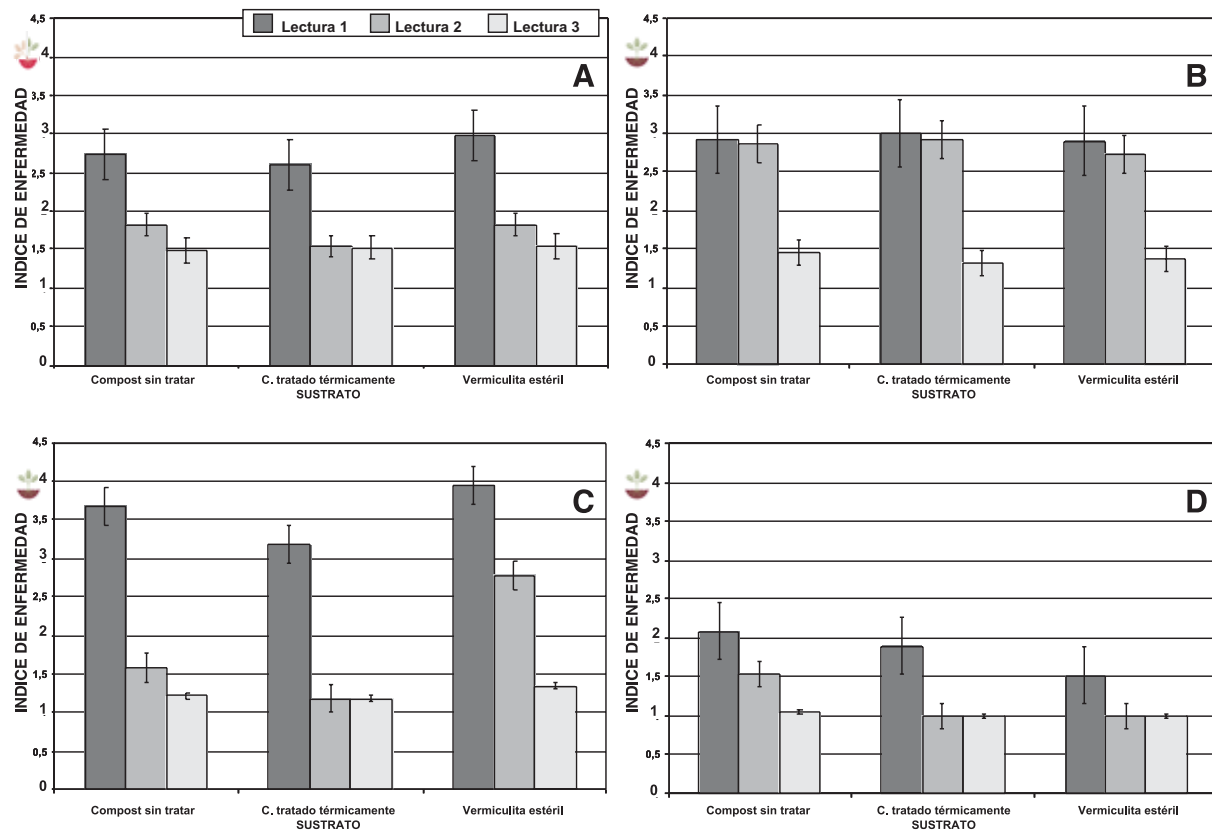


Figura 2. Índice medio de enfermedad obtenido de las tres lecturas realizadas en plantas de melón inoculadas con *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-cucumerinum* en los distintos sustratos. Arriba a la izquierda el 1er ensayo y a la derecha la resiembra, y abajo el 2º ensayo con su resiembra a la derecha.

Los resultados obtenidos en los testigos inoculados en los distintos ensayos en los cuatro modelos estudiados, se muestran a continuación en las siguientes figuras y tablas. En las figuras 1, 2, 3, y 4, se puede apreciar el índice medio de enfermedad junto con el error estándar obtenido en las distintas lecturas realizadas en las distintas repeticiones de cada ensayo. En las tablas 2, 3, 4, y 5, aparecen los valores críticos (valor $-p$) obtenidos en los distintos análisis simples de la varianza realizados considerando el factor sustrato, en las lecturas realizadas en las distintas repeticiones de cada ensayo, para un nivel de significación del 0,05.

El análisis de la varianza considerando el factor sustrato de los ensayos con *Phytophthora parasitica* (Tabla 2, Fig. 1), puso de manifiesto la ausencia de influencia del factor sustrato en la expresión de la enfermedad, en todos los ensayos realizados. Los resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan para tres de los ensa-

yos realizados indican que no hubo diferencias mínimas significativas (LSD 95%) entre el valor medio de índice de enfermedad obtenido en las inoculaciones en los distintos sustratos. En la resiembra del segundo ensayo hubo diferencias mínimas significativas a favor del compost tratado térmicamente, respecto a la vermiculita. A pesar de ésto, al finalizar el ensayo se obtuvo también en el compost tratado térmicamente un índice medio de enfermedad poco favorable (2,04). La supervivencia media de plantas sanas al finalizar los distintos ensayos en los testigos inoculados con *Phytophthora parasitica* fue muy reducida en todos los sustratos. El valor más elevado alcanzado, rondó el 20% de las plantas en los dos ensayos mediante resiembra en compost tratado térmicamente. No se observaron diferencias mínimas significativas (LSD 95%) entre el valor medio de índice de enfermedad obtenido en las plantas testigos inoculadas con el patógeno y las inoculadas con los distintos

Tabla 3. Resumen de los valores de p obtenidos en los distintos análisis de la varianza de los valores medios del índice de enfermedad causada por *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-cucumerinum* en los distintos sustratos.

LECTURA	VALOR p OBTENIDO EN EL ANÁLISIS DE LA VARIANZA CON LOS ENSAYOS			
	1º	1º Resiembra	2º	2º Resiembra
1	0,7020	0,8250	0,1229	0,5569
2	0,3196	0,8725	0,0001	0,0509
3	0,9611	0,8246	0,0306	0,3966

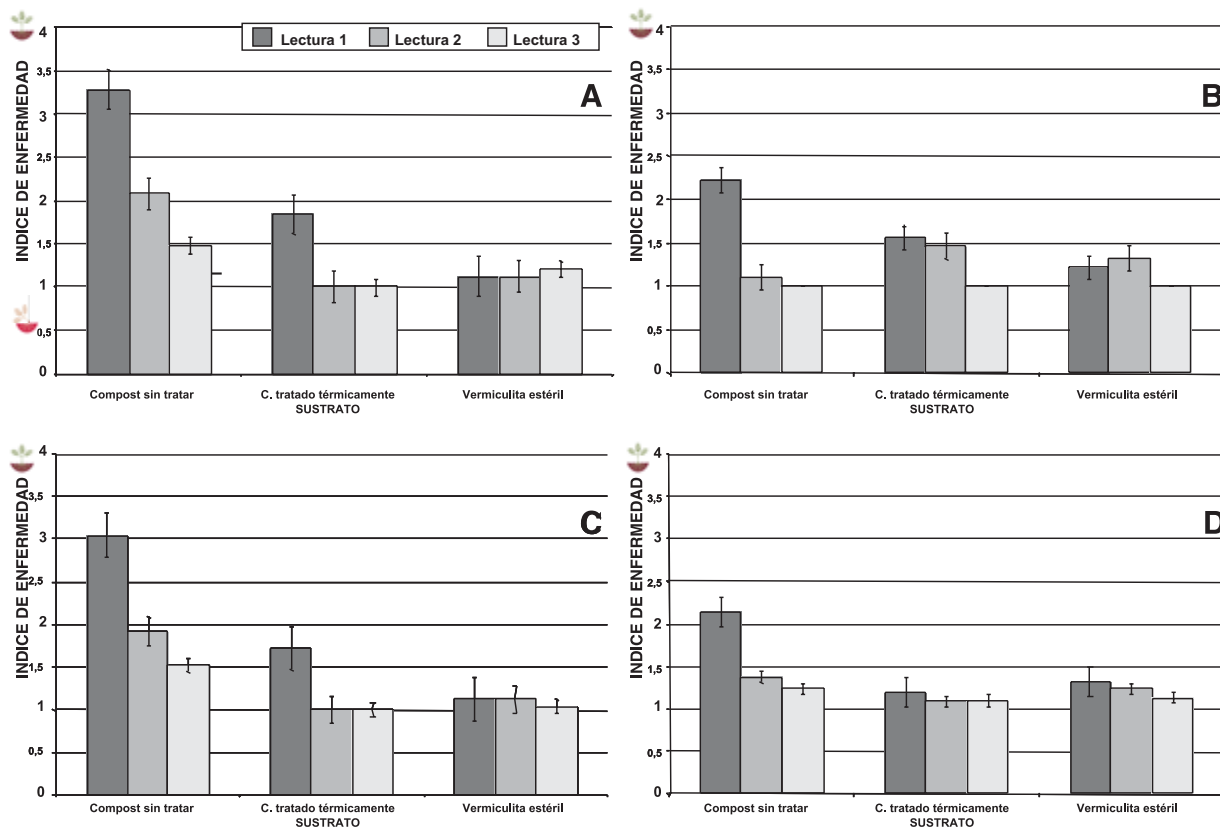


Figura 3. Índice medio de enfermedad obtenido de las tres lecturas realizadas en plantas de rábano inoculadas con *Rhizoctonia solani* en los distintos sustratos. A. Primer ensayo, B. Resiembra primer ensayo, C. Segundo ensayo y D. Resiembra segundo ensayo.

antagonistas más patógeno (datos no mostrados), por lo que se pone de manifiesto la ausencia de influencia del factor antagonista inoculado al medio en la expresión de la enfermedad. Los ensayos realizados con el modelo *Phytophthora parasitica*-tomate, empleando el compost de orujo de vid como sustrato indican la ausencia de supresividad natural en el mismo frente a este patógeno. Aunque esta supresividad natural ha sido encontrada en otros materiales compostados, como en compost de corteza de frondosas (Hardy & Sivasithamparam 1991) y de estiércol de ganado (Szczzech *et al.* 1993).

El análisis de la varianza considerando el factor sustrato de los ensayos con *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* (Tabla 3, Fig. 2), puso de manifiesto la ausencia de influencia del factor sustrato en la expresión de la enfermedad, en tres de los cuatro ensayos realizados. Los resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan para tres de los ensayos realizados indican

que no hubo diferencias mínimas significativas (LSD 95%) entre el valor medio de índice de enfermedad obtenido en las inoculaciones en los distintos sustratos. Sólo en el segundo ensayo hubo diferencias mínimas significativas a favor de la vermiculita. A pesar de esto al finalizar el ensayo se obtuvo también en vermiculita un índice medio de enfermedad muy poco favorable (1,34). La supervivencia media de plantas sanas al finalizar los distintos ensayos en los testigos inoculados con *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* fue muy reducida en todos los sustratos, prácticamente el 100% de las plantas inoculadas murieron. El valor más elevado de supervivencia alcanzado (y el único) fue del 8% en el ensayo de resiembra 1° en vermiculita. Los resultados obtenidos de los distintos análisis de la varianza considerando los factores sustrato y antagonista muestran de nuevo la total ausencia del factor antagonista inoculado al medio (datos no mostrados).

Tabla 4. Resumen de los valores de p obtenidos en los distintos análisis de la varianza de los valores medios del índice de enfermedad causada por *Rhizoctonia solani* en los distintos sustratos.

LECTURA	VALOR p OBTENIDO EN EL ANÁLISIS DE LA VARIANZA CON LOS ENSAYOS			
	1°	1° Resiembra	2°	2° Resiembra
1	0,0001	0,0008	0,0009	0,0046
2	0,0024	0,2628	0,0037	0,0278
3	0,0122	-	0,0011	0,3877

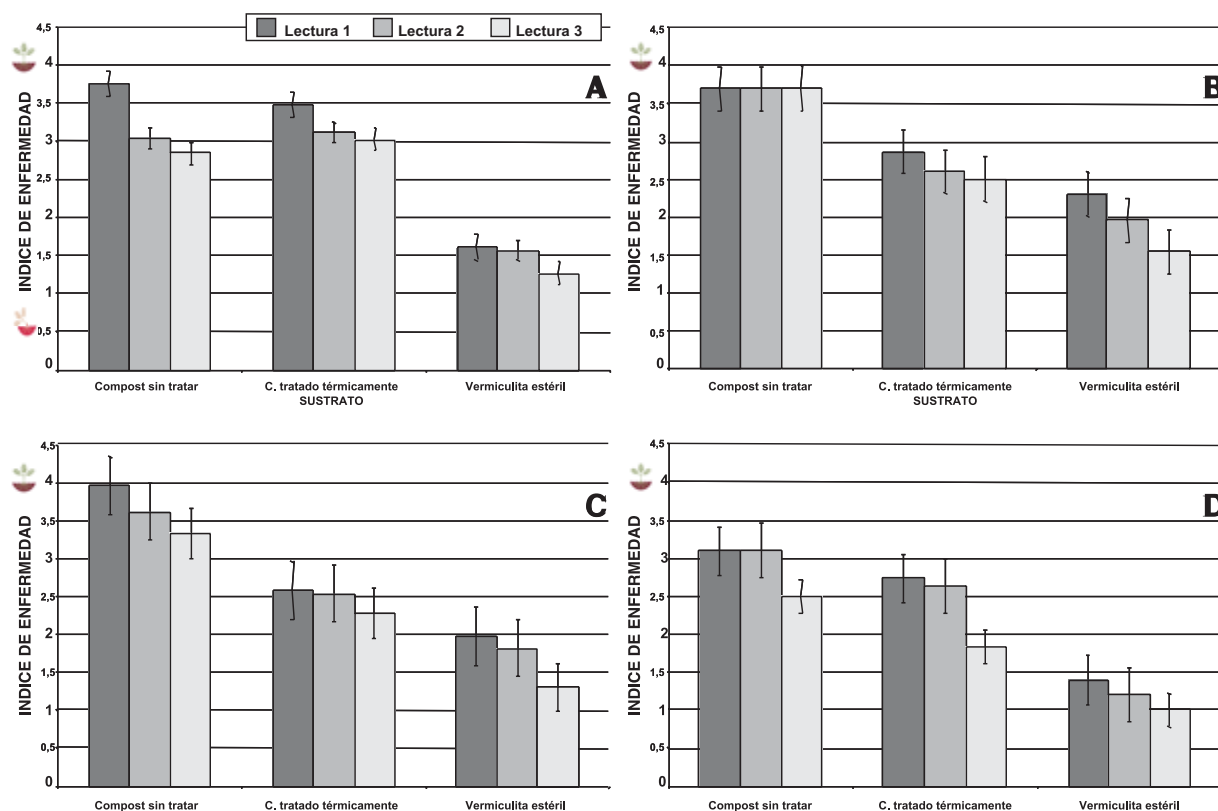


Figura 4. Índice medio de enfermedad obtenido de las tres lecturas realizadas en plantas de pepino inoculadas con *Pythium aphanidermatum* en los distintos sustratos. A. Primer ensayo, B. Resiembra primer ensayo, C. Segundo ensayo y D. Resiembra segundo ensayo.

Los ensayos realizados con el patosistema *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*-melón, empleando el compost de orujo de vid como sustrato no ponen de manifiesto la existencia de supresividad natural en el mismo frente a este patógeno. Aunque la supresividad natural frente a diferentes formas especializadas de *Fusarium oxysporum* ha sido encontrada en compost de corteza de frondosas (Chef *et al.* 1983, Cebolla & Pera 1983, Trillas-Gay *et al.* 1986, Hoitink *et al.* 1991), corteza de pino (Chef *et al.* 1983, Couteaudieure *et al.* 1987, Pera & Calvet 1989), orujo de aceituna (Pera & Calvet, 1989) y estiércol de ganado (Garibaldi 1988, Szczech *et al.* 1993).

En el análisis de la varianza considerando el factor sustrato para los ensayos con *Rhizoctonia solani* (Tabla 4, Fig. 3), se observa la influencia del factor sustrato, en la expresión de la enfermedad, en los ensayos inoculados en estado de plántulas, pero no en las resiembras de es-

tos ensayos. No se detectaron diferencias mínimas significativas (LSD 95%), entre los valores medios del índice de enfermedad, en los ensayos realizados mediante resiembra, aunque si se obtuvieron diferencias significativas, entre el compost sin tratar y los otros dos sustratos, en los dos ensayos realizados mediante inoculación en plántulas. No obstante, la incidencia de la enfermedad al finalizar los ensayos fue muy elevada, alcanzándose en el sustrato más favorable (compost sin tratar) en los ensayos inoculados en plántulas, unos índices finales medios de enfermedad de 1,48 y 1,52. La supervivencia media de plantas sanas al finalizar los distintos ensayos en los testigos inoculados con *Rhizoctonia solani* fue muy reducida en todos los sustratos. La mayoría de las plantas inoculadas murieron; el valor más elevado de supervivencia alcanzado fue del 4% en el ensayo de 1º y 2º en compost sin tratar y 1º en vermiculita. Igualmente, los resultados obtenidos de los distintos análisis de la va-

Tabla 5. Resumen de los valores de p obtenidos en los distintos análisis de la varianza de los valores medios del índice de enfermedad causada por *P. aphanidermatum* en los distintos sustratos.

LECTURA	VALOR p OBTENIDO EN EL ANÁLISIS DE LA VARIANZA CON LOS ENSAYOS			
	1º	1º Resiembra	2º	2º Resiembra
1	0,0000	0,0157	0,0088	0,0067
2	0,0000	0,0046	0,0163	0,0072
3	0,0000	0,0009	0,0030	0,0015

rianza considerando los factores sustrato y antagonista inoculado puso de manifiesto la ausencia de influencia del factor antagonista y sustrato empleado en la expresión de la enfermedad (datos no mostrados). Los ensayos realizados con el patosistema *Rhizoctonia solani*-rábano, empleando el compost de orujo de vid como sustrato, no ponen de manifiesto la existencia de supresividad natural en el mismo frente a la caída de plántulas causada por este patógeno. Aunque esta supresividad natural ha sido encontrada en compost de corteza de frondosas (Daft *et al.* 1979, Stephens *et al.* 1981, Nelson & Hoitink 1982, 1983, Kuter *et al.* 1983, Stephens & Stebbins 1985), de residuos sólidos urbanos (Mathot 1987), de estiércol de ganado (Gorodecki & Hadar 1990) y compost de orujo de vid (Gorodecki & Hadar 1990). En este último trabajo evalúan la supresividad del compost de orujo de vid utilizando también el modelo *Rhizoctonia solani*-rábano, obteniendo una supervivencia superior al 90% en este sustrato y tan sólo un 20% en los testigos en turba. Gorodecki & Hadar (1990) realizan la multiplicación del inóculo en dos medios distintos, uno el medio CPS de Ko & Hora (1971) (mezcla de suelo y patatas troceadas) y otro en medio YEB (caldo de extracto de levadura). El procedimiento de inoculación lo realizan con una dosis máxima de inóculo de 155 propágulos·L⁻¹ de sustrato y otro ensayo añadiendo el cultivo en YEB a razón de 20 g·L⁻¹ de sustrato. En los ensayos que hemos realizado en este trabajo se ha inoculado mediante riego al sustrato con una dosis de inóculo posiblemente (dada la imprecisión en este aspecto del trabajo publicado por estos autores) superior, añadiendo 10 mL·maceta del inóculo, crecido en PD modificado durante 96 horas, siendo el volumen de sustrato en cada maceta de 275 mL. Esta puede ser una posible justificación del diferente comportamiento del compost de orujo de vid frente a *Rhizoctonia solani*, hallada entre nuestro compost y el de estos autores. Otra posible justificación la podemos encontrar en la variabilidad en la supresión de *Rhizoctonia solani*, que puede existir entre distintos compost de un mismo material.

Los ensayos realizados con el patógeno *Pythium aphanidermatum*, han sido los que han dado unos resultados más satisfactorios. El análisis de la varianza del índice de enfermedad considerando el factor sustrato de estos ensayos (Tabla 5, Fig. 4), puso de manifiesto la influencia del factor sustrato en la expresión de la enfermedad, en todos los ensayos y lecturas realizados.

Los resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan, indican que hubo diferencias mínimas significativas (LSD 95%) entre el valor medio de índice de enfermedad obtenido en las inoculaciones en los distintos sustratos. En todos los ensayos y lecturas hubo diferencias significativas, entre los resultados en compost sin tratar y vermiculita. En 3 de los ensayos hubo diferencias significativas entre el compost tratado térmicamente y la vermiculita. Los índices medios de enfermedad de la última lectura en el compost sin tratar fueron 2,84, 3,70,

3,34 y 2,50. La supervivencia media de plantas sanas al finalizar los distintos ensayos en los testigos inoculados con *Pythium aphanidermatum* fue significativamente distinta en los distintos sustratos, siendo los valores medios de los cuatro ensayos del 11%, 44% y 65% respectivamente para los sustratos vermiculita, compost tratado térmicamente y compost sin tratar.

Asimismo, el análisis de la varianza considerando los factores sustrato y antagonista de los ensayos con *P. aphanidermatum* (Fig. 5), puso de manifiesto la influencia del factor antagonista inoculado, en concreto la adición del antagonista *Aeromonas hydrophila* [70], en la expresión final de la enfermedad en los ensayos realizados mediante inoculación en estado de plántula, pero no así en los de resiembra. En la inoculación en estado de plántula, empleando vermiculita como sustrato se obtuvo una menor expresión de la enfermedad (LSD 95%) cuando el sustrato era enriquecido con *A. hydrophila*, pero no ocurrió en la resiembra. Cuando se empleó el compost tratado térmicamente, no se detectaron diferencias mínimas significativas entre sustrato enriquecido y sin enriquecer, en los ensayos realizados en resiembra pero si en los ensayos realizado mediante inoculación en estado de plántula, obteniéndose una menor incidencia de la enfermedad respecto al testigo sin enriquecer.

Estudios realizados en suelos y sustratos compostados supresivos a enfermedades producidas por especies del género *Pythium*, han puesto de manifiesto la importancia que la comunidad microbiana, presente en ellos, tiene tanto sobre el patógeno, como sobre el desarrollo de la enfermedad. El efecto supresivo se produce más por la acción conjunta de la comunidad microbiana, que por la acción individual de un microorganismo concreto; así microorganismos antagonistas aislados de un suelo supresivo (Lumsden 1987) o de una mezcla de sustratos supresivos (Boehm & Hoitink, 1992), no inducen el mismo grado de supresividad del sustrato de partida, cuando son inoculados a un sustrato conductivo (McKellar & Nelson 2003). Los resultados obtenidos en nuestras inoculaciones sobre el sustrato conductivo vermiculita, corroboran las afirmaciones de estos autores. Aunque la adición de *Aeromonas hydrophila*, se traduce en una menor expresión de la enfermedad en los ensayos inoculados en planta, ésta no es comparable con la que se detecta en el compost de orujo de vid sin tratar térmicamente. Por lo que podemos suponer al igual que hace Lumsden (1987) que el efecto supresivo se produce más por la acción conjunta de la comunidad microbiana, y no por la acción individual de un microorganismo. Por tanto, y como conclusión, los ensayos realizados con el modelo *Pythium aphanidermatum*-pepino, empleando el compost de orujo de vid como sustrato, ponen de manifiesto la existencia de supresividad natural en el mismo frente a este patógeno.

La supresividad natural del compost de orujo de

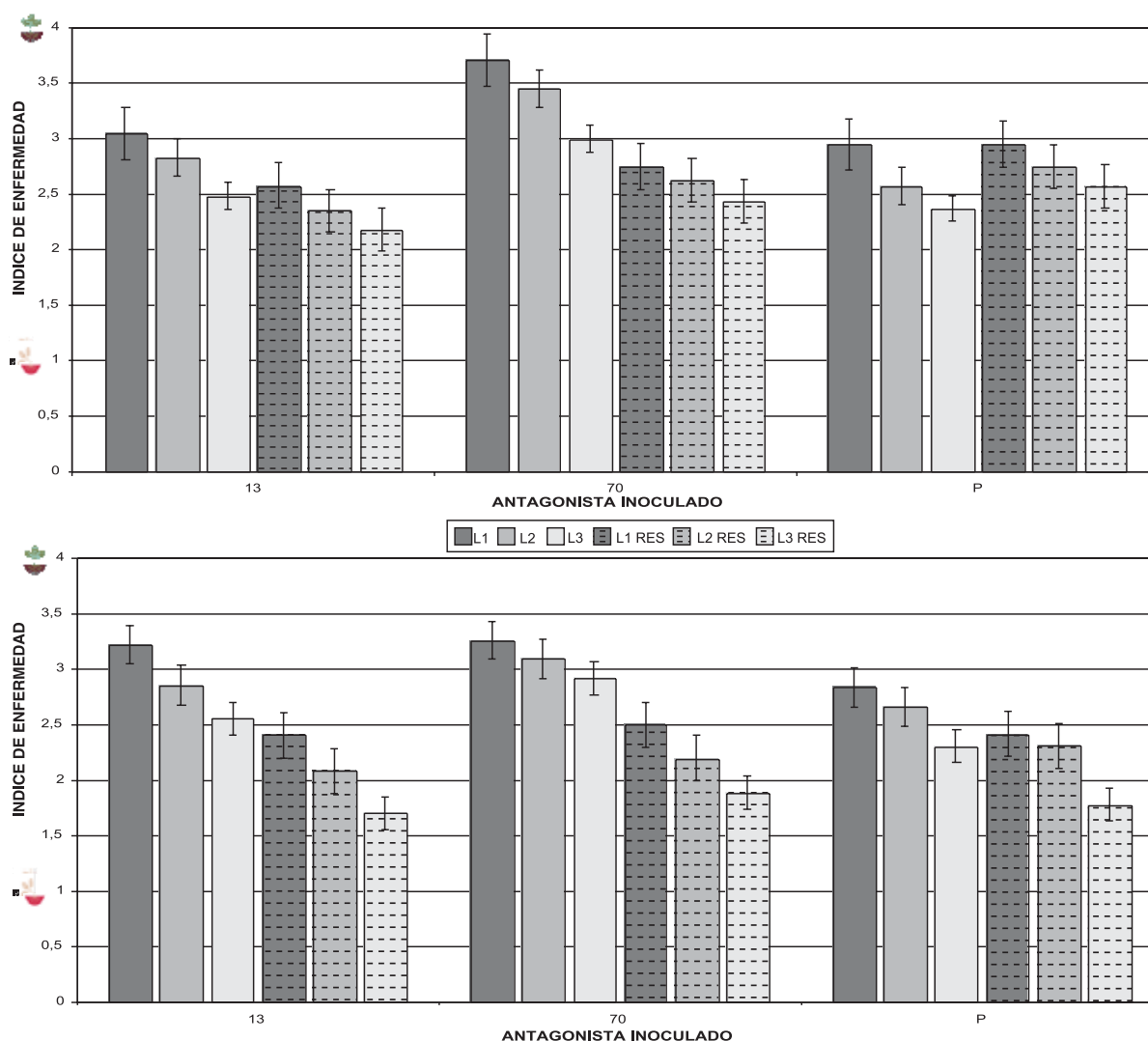


Figura 5. Índice medio de enfermedad obtenido tras análisis multifactorial (factores: sustrato y antagonistas) de las tres lecturas realizadas en plantas de pepino inoculadas con *Pythium aphanidermatum* en los distintos sustratos enriquecidos con los distintos antagonistas. Arriba el 1er ensayo y su resiembra, y abajo el 2º ensayo con su resiembra.

vid frente *Pythium aphanidermatum* fue ya descrita en trabajos realizados en Israel (Mandelbaum *et al.* 1988). En estos trabajos, la supresividad desaparece cuando el sustrato es esterilizado en autoclave, y es recuperada cuando se mezcla el compost esterilizado con un compost no esterilizado. Este es el procedimiento que habitualmente se emplea para confirmar la naturaleza biológica de los fenómenos de supresividad de los suelos o sustratos. Cuando someten el compost a un ligero tratamiento térmico (55 °C durante 2 horas), la supresividad se ve ligeramente mejorada (Mandelbaum *et al.*, 1988). En nuestro ensayo el tratamiento térmico realizado ha sido sustancialmente diferente (60 °C durante 6 días), y a pesar de lo prologando del mismo, la supervivencia en el compost tratado térmicamente ha sido 4 veces superior a la obtenida en los testigos en vermiculita, aunque menor que en el compost sin tratamiento (11, 44 y 65% para los sustratos vermiculita, compost tratado térmicamente y compost sin tratar, respectivamente). Erhart *et al.* (1999) consideran con-

ductivo a la mezcla compost de orujo de vid en proporción 30:70 compost:turba con arena, en los ensayos realizados frente a *Pythium ultimum*. La supervivencia media en las plantas inoculadas en la mezcla con compost de orujo de vid fue del 28%, mientras que la del sustrato testigo (mezcla 2:1 (v/v) turba y arena) fue del 40%. En la valoración de estos resultados hay que considerar que obtienen una supervivencia relativamente baja, 78% en los testigos desarrollados en compost de orujo de vid, sin inocular el patógeno.

Los resultados de los ensayos *in vivo* con los distintos sustratos muestran como tan sólo con el patógeno *Pythium aphanidermatum*, se observa reducción importante de la manifestación de la enfermedad de las plantas crecidas en el compost de orujo de vid, siendo esta reducción mayor, en el compost no tratado térmicamente que en el sometido a 6 días de tratamiento en estufa a 60°C. Este hecho indica que la componente biológica del compost de orujo de vid juega un papel importante, aunque no sea el único factor a considerar, en

la manifestación de la supresividad natural de la caída de plántulas originada por *Pythium aphanidermatum*.

Los resultados obtenidos con los otros tres patógenos estudiados, ponen de manifiesto la ausencia de supresividad natural frente a ellos del compost, al menos en las condiciones ensayadas. Consideramos que la metodología que se ha seguido para realizar las inoculaciones, ha tenido una gran importancia en los resultados finales del ensayo, especialmente, debido a la naturaleza de los patógenos ensayados, con importantes capacidades parasitarias sobre estructuras fundamentales de las plantas como el sistema radicular, el cuello o el tallo. Uno de los objetivos que planteamos en la metodología de trabajo, fue realizar una inoculación, lo suficientemente severa, como para lograr una mortandad de plantas importante en los testigos en vermiculita, aspecto anteriormente discutido en este mismo apartado. No obstante tras la realización de los ensayos debemos realizar ciertas puntualizaciones: el procedimiento de inoculación seguido ha sido demasiado severo fundamentalmente por el método de adición del inóculo al medio. La inoculación de los patógenos se realizó mediante riego directo a las macetas, en las cuales ya se estaban desarrollando las plantas, lo que da lugar a que se produzca un contacto directo entre las plantas y los patógenos, que evidentemente favorece el desarrollo de la enfermedad. Los ensayos mediante resiembra, que en cierto modo pretendían mitigar el factor de la falta de tiempo para que se produzca la interacción entre el patógeno y el sustrato, han podido verse influenciado por múltiples factores, como la posible multiplicación del inóculo del patógeno sobre el material vegetal, la existencia de restos vegetales y exudados radiculares, etc. Posiblemente los resultados obtenidos habrían podido ser diferentes, introduciendo ciertas modificaciones en el procedimiento del ensayo, posiblemente la inoculación previa y con cierta anticipación del patógeno sobre el sustrato, y como sucede en la producción comercial hortícola el trasplante de las plántulas ya desarrolladas a los contenedores. Sin embargo, la casuística estudiada puede tener una relación directa con la producción de plántulas hortícolas en semilleros comerciales, donde algunos patógenos como *Pythium* o *Phytophthora* están presentes en el agua de riego (de Cara *et al.* 2004).

Referencias

- Avilés M. 1998. El residuo industrial de corcho como sustrato hortícola: su capacidad para regular la expresión de los hongos fitopatógenos del suelo. Tesis Doctoral. Universidad de Almería.
- Baker KF. 1957. The UC system for producing healthy container-grown plants. Calif. Agric. Exp. Stn. Man. 23.
- Blaker NS, MacDonald JD. 1983. Influence of container medium pH on sporangium formation, zoospore release, and infection of rhododendron by *Phytophthora cinamomi*. Plant Disease 67: 259-263.
- Boehm MJ, Hoitink HAJ. 1992. Sustainance of microbial activity in potting mixes and its impact on severity of *Pythium* root rot of poinsettia. Phytopathology 82: 259-264.
- Boehm MJ, Madden LV, Hoitink HAJ. 1993. Effect of organic matter decomposition level on bacterial species diversity and composition in relationship to *Pythium* damping-off severity. Applied Environmental Microbiology 59: 4171-4179.
- Campbell R. 1994. Biological control of soil-borne diseases: some present problems and different approaches. Crop protection 13: 4-13.
- Cebolla V, Pera J. 1983. Suppressive effects of certain soil and substrates against *Fusarium* wilt of carnation. Acta Horticulturae 150: 113-119.
- Chef DG, Hoitink HAJ, Madden LV. 1983. Effects of organic components in container media on suppression of *Fusarium* wilt of chrysanthemum and flax. Phytopathology 73: 279-281.
- Chellemi DO, Olso SM, Mitdhell DJ. 1994. Effects of soil solarization and fumigation on survival of soil-borne pathogens of tomato in northern Florida. Plant Disease 78: 1167-1172.
- Chen W, Hoitink HAJ, Schmitthenner AF. 1987. Factors affecting suppression of *Pythium* damping-off in container media amended with composts. Phytopathology 77: 755-760.
- Chen W, Hoitink HAJ, Madden LV. 1988. Microbial activity and biomass in container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by *Pythium ultimum*. Phytopathology 78: 1447-1450.
- Cook RJ, Baker KF. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. Third printing (Ed.) APS Pres, St. Paul, Minnesota.
- Couteaudieure Y, Louvet J, Alabouvette C. 1987. Les problèmes pathologiques en culture hors sol. En Les cultures hors sol. Second (ed.) INRA Publications, Versailles, pp. 321-332.
- Craft CM, Nelson EB. 1996. Microbial properties of composts that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. Applied and Environmental Microbiology 62: 1550-1557.
- Daft GC, Poole HA, Hoitink HAJ. 1979. Composted hardwood bark: A substitute for steam sterilization and fungicide drenches for control of poinsettia crown root rot. HortScience 14: 185-187.
- De Cara M, Tello JC, Sánchez JA. 2004. Patógenos de origen telúrico que están presentes en los cultivos sin suelo. Phytoma España 158: 34-44.
- Erhart E, Burian K, Hartl W, Stich K. 1999. Suppression of *Pythium ultimum* by biowaste composts in relation to compost microbial biomass, activity and content of phenolic compounds. Journal of Phytopathology 147: 299-305.
- Fahy PC, Pike D, Hewitt M. 1995. Biological suppression

- of fungal diseases in container media: development of fundamental standards. Final report to rural industries Tand Corporation, NSW Agriculture, Rydalmere.
- Garibaldi A. 1988. Research on substrates suppressive to *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*. Acta Horticulturae 221: 271-277.
- Gorodecki B, Hadar Y. 1990. Suppression of *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii* diseases in container media containing composted separated cattle manure and composted grape marc. Crop protection 9: 271-274.
- Gugino JL, Pokorny FA, Hendrix FFJ. 1973. Population dynamic of *Pythium irregulare* Buis. in container plant production as influenced by physical structure of media. Plant and Soil 39: 591-602.
- Gullino ML, Garibaldi A. 1990. Terreni e substrati represiivi nei confronti di funghi fitopatogeni. Panorama Floricolo 15: 1-8.
- Hardy GESJ, Sivasithamparan K. 1991. Suppression of *Phytophthora* root rot by a composted Eucalyptus bark mix. Australian Journal of Botany 39: 153-159.
- Hoitink HAJ 1980. Composted bark, a lightweight growth medium with fungicidal properties. Plant Disease 64: 142-147.
- Hoitink HAJ, Boehm MJ, Hadar Y. 1993a. Mechanism of suppression of soilborne plant pathogens in compost amended substrates. In Science and engineering of composting: desing, environmental, microbiological and utilization aspects (Hoitink HAJ, Keener HM, eds.). Worthington. Ohio: Renaissance Publications, pp. 601-621.
- Hoitink HAJ, Inbar Y, Boehm MJ. 1993b. Compost can suppress soilborne diseases in container media. American Nurseryman 178: 91-94.
- Hoitink HAJ, Boehm MJ. 1999. Biocontrol with the context of soil microbial communities: A substrate-Dependent Phenomenon. Annual Review of Phytopathology 37: 427-446.
- Hoitink HAJ, Fahy PC. 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. Annual Review of Phytopathology 24: 93-114.
- Hoitink HAJ, Inbar Y, Boehm MJ. 1991. Status of compost amended potting mixes naturally suppressive to soilborne diseases of floricultural crops. Plant Disease 75: 869-873.
- Hoitink HAJ, Kuter GA. 1986. Effects of composts in growth media on soilborne pathogens. In The role of organic matter in modern agriculture (Chen Y, Avnimelech Y, eds.). Dordrecht, Netherlands: Martinus Nijhogg Publishers, pp. 289-306.
- Hoitink HAJ, Madden LV, Boehm MJ. 1996a. Relationship among organic matter decomposition level, microbial species diversity and soilborne disease severity. In Principles and practice of managing soilborne plant pathogens (Hall R, ed.). St. Paul Minnesota: APS Press, pp. 237-249.
- Hoitink HAJ, Schnitthener AF, Herr LJ. 1975. Composted bark for control of root rot in ornamentals. Ohio Reporter 60: 25-26.
- Hoitink HAJ, van Doren HM, Schmitthenner AF. 1977. Suppression of *Phytophthora cinnamomi* in a composted hardwood bark potting medium. Phytopathology 67: 561-565.
- Jiménez-Díaz RM. 1990. Bases teóricas en la lucha contra las enfermedades causadas por hongos del suelo en los ambientes mediterráneos continentales. Cuadernos de Fitopatología. Especial 205-210.
- Kavanagh T. 1972. Disease considerations in relation to crop production on peat soils. Scientif. Hort. 24: 73-79.
- Ko W, Hora FK. 1971. A selective medium for the quantitative determination of *Rhizoctonia solani* in soil. Phytopathology 61: 707-710.
- Krause MS, Musselman CA, Hoitink HAJ. 1997. Impact of sphagnum peat decomposition level on biological control of *Rhizoctonia* damping-off of radish induced by *Flavobacterium balustinum* 299 and *Trichoderma hamatum* 382. Phytopathology 87: S55 (ABSTR.).
- Kuter GA, Nelson EB, Hoitink HAJ, Madden LV. 1983. Fungal populations in container media amended with composted hardwood bark suppressive and conductive to *Rhizoctonia* damping-off. Phytopathology 73: 1450-1456.
- Lockwood JL. 1988. Evolution of concepts associated with soilborne plant pathogens. Annual Review of Phytopathology 26: 93-121.
- Lumsden RD, Lewis JA, Milner PD. 1983. Effect of composted sewage sludge on several soilborne pathogens and diseases. Phytopathology 73: 1543-1548.
- Lumsden RD. 1987. Suppression of damping-off caused by *Pythium* spp. in soil from the indigenous Mexican Chinampa agricultural system. Soil Biology and Biochemistry 19: 501-508.
- McKellar ME, Nelson EB. 2003. Compost-induced suppression of *Pythium* damping-off is mediated by fatty-acid-metabolizing seed-colonizing microbial communities. Applied and Environmental Microbiology 69: 452-460.
- Malek RG, Gartnes JB. 1975. Hardwood bark as a soil amendment for suppression of plant parasite nematodes on container grown plants. Hort-Science 10: 261-274.
- Mandelbaum R, Hadar Y, Chen Y. 1988. Composting of agricultural wastes for their use as container media. II. Effect of heat treatment on suppression of *Pythium aphanidermatum*, and microbial activities in substrates containing compost. Biological Wastes 26: 261-274.
- Mandelbaum R., Y. Hadar. 1990. Effects of available car-

- bon source on microbial activity and suppression of *Pythium aphanidermatum* in compost and peat container media. *Phytopathology* 80: 794-804.
- Mathot P. 1987. Emploi de composts dans la lutte contre *Rhizoctonia* sp. Mededeligen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent 52, 1127-1132.
- Migheli Q, Aloï C. 1992. Prospettive d'impiego di substrati repressivi. *Colture Protette* 5: 83-87.
- McSorley R, Gallaher RN. 1995. Effect of yard waste compost on plant parasitic nematode densities in vegetable crops. *Journal of nematology* 27: 545-549.
- Nelson EB, Hoitink HAJ. 1982. Factors affecting suppression of *Rhizoctonia solani* in container media. *Phytopathology* 72: 275-279.
- Nelson EB, Hoitink HAJ. 1983. The role of microorganisms in the suppression of *Rhizoctonia solani* in container media amended with composted hardwood bark. *Phytopathology* 73: 274-278.
- Pera J, Calvet C. 1989. Suppression of *Fusarium* wilt of carnation in a composted pine bark and a composted olive pumice. *Plant Disease* 73: 699-700.
- Postma J, Willemsen-De Klein MJEIM, van Elsas JD. 2000. Effect of the indigenous microflora on the development of root and crown rot caused by *Pythium aphanidermatum* in cucumber grown on rook-wool. *Phytopathology* 90: 125-133.
- Puustjärvi V. 1994. La turba y su manejo en la horticultura. Ediciones de horticultura SL.
- Puustjärvi V, Robertson RA. 1975. Physical and chemical properties. In *Peat in horticulture*. (Robinson DW, Lamb JGS, eds.). London: Academic Press Limited, pp. 389-419.
- Rodríguez-Kábana R. 1997. Alternativas no químicas al bromuro de metilo en el control de los patógenos del suelo. Líneas prioritarias de investigación. En *Alternativas al bromuro de metilo en agricultura* (Bello A., González Pérez J, Tello JC, eds.). Colección: Congresos y Jornadas 44/97. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Almería, pp. 31-42.
- Sivasithamparan K. 1981. Some effects of extracts from tree barks and sawdust on *Phytophthora cinnamomi* Rand. *Australian Plant Pathology* 10: 18-20.
- Spencer S, Benson DM. 1981. Root rot of *Aucuba japonica* caused by *Phytophthora cinnamomi* and *P. citricola* and suppressed with bark media. *Plant Disease* 65: 918-921.
- Spencer S, Benson DM. 1982. Pine bark, hardwood bark compost, and peat amendment effects on development of *Phytophthora* spp. and lupine root rot. *Phytopathology* 72: 346-351.
- Stephens CT, Herr LJ, Hoitink HAJ, Schmitthenner AF. 1981. Suppression of *Rhizoctonia* damping-off by composted hardwood bark medium. *Plant Disease* 65: 796-797.
- Stephens CT, Stebbins TC. 1985. Control of damping-off pathogens in soilless containers media. *Plant Disease* 69: 494-496.
- Szczzech M, Rodomanski W, Brzeski MW, Smolinska U, Kotoski JF. 1993. Suppressive effect of a commercial earthworm compost on some root infecting pathogens of cabbage and tomato. *Biological Agriculture and Horticulture* 10: 47-52.
- Tahvonen R. 1993. The suppressiveness of Finnish light colored Sphagnum peat and biocontrol of plant diseases with *Streptomyces* sp. *Acta Horticulturae* 54: 345-356.
- Tello JC, de Cara M, Palmero D, García A, Santos M. 2006. La desinfección del suelo en cultivos protegidos. En *Control de patógenos telúricos en cultivos hortícolas intensivos*. Madrid: Aerotécnicas, pp. 10-62.
- Theodore M, Toribio JA. 1995. Suppression of *Pythium aphanidermatum* in composts prepared from sugar cane factory residues. *Plant and Soil* 177: 219-223.
- Trillas-Gay MI, Hoitink HAJ, Madden LV. 1986. Nature of suppression of *Fusarium* wilt of radish in container medium amended with composted hardwood bark. *Plant Disease* 70: 1023-1027.
- Verdonck O, Penninck R, De Boodt M. 1983. The physical properties of different horticultural substrates. *Acta Horticulturae* 150: 155-160.
- Waksman SA, Puvis ER. 1932. The microbiological population of peat. *Soil Science* 34: 95-113.
- Wolffhchel H. 1988. The suppressiveness of sphagnum peat to *Pythium* spp. *Acta Horticulturae* 221: 217-222.
- Whipps JM. 1992. Status of biological disease control in horticulture. *Biocontrol Science Technology* 2: 3-24.
- Zhang W, Dick WA, Hoitink HAJ. 1996. Compost-induced systemic acquired resistance in cucumber to *Pythium* root rot and anthracnose. *Phytopathology* 86: 1060-1070.
- Zhang W, Han DY, Dick WA, Davis KR, Hoitink HAJ. 1998. Compost and compost water extract-induced systemic acquired resistance in cucumber and *Arabidopsis*. *Phytopathology* 88: 450-455.