

Un estudio muestra la eficacia de composts de residuos agroindustriales para reducir enfermedades de las plantas

Borrero, C.; Castillo, S. y Casanova, E. de Biocontrol Technologies. Castaño, R. y Avilés, M. del Dep. de Ciencias Agroforestales de la ETSIA (Universidad de Sevilla)

Segarra, G.; y Trillas M.I., del Dep. de Biología Vegetal de la Universidad de Barcelona

22/03/2012

Algunos residuos agroindustriales ya compostados y usados como sustratos pueden presentar supresividad a distintas enfermedades de las plantas. Algunos de estos sustratos son el compost de corcho (usado solo o mezclado con cascarilla de arroz), orujo de uva compostado, alperujo con residuo de desmotadora (2/3, v/v) compostado y posteriormente formulado con cascarilla de arroz (1/1, v/v) y sustrato de champiñón agotado compostado y mezclado con turba (1/1, v/v). Esta supresividad se ha evaluado en ensayos con inoculación artificial de patógenos y posterior evaluación del desarrollo de cada enfermedad, siendo el compost de orujo de uva maduro el que mejores resultados presenta.



Ensayos en clavel.

Las enfermedades estudiadas fueron la fusariosis del tomate (razas 1 y 2) y del clavel (raza 2) y tres enfermedades de pepino causadas por los patógenos *Pythium aphanidermatum*, *Rhizoctonia solani* y *Botrytis cinerea*. Para comparar la severidad o la incidencia con otros sustratos también se evaluaron en los ensayos turba, vermiculita y/o fibra de coco. La severidad a la fusariosis fue del 99,9% en tomate y del 99,2% en clavel. El compost más efectivo en el control de estas enfermedades fue el de orujo de uva. Todos los composts presentaron supresividad frente a la caída de plántula causada por *P. aphanidermatum*, incluso con diferentes tiempos de maduración. El compost de orujo de uva maduro mostró la mayor reducción de esta enfermedad (97,8%). Los ensayos de caída de plántula causada por *R. solani* mostraron que la capacidad supresiva incrementa con el tiempo de maduración, siendo el compost de corcho maduro el más supresivo (97,2% de reducción). Finalmente, estos composts también redujeron la severidad de la podredumbre causada por *Botrytis cinerea*, por lo que estos composts mostraron control tanto a enfermedades de suelo como foliares.

Introducción

Algunos composts se pueden usar como sustratos por sus apropiadas características fisicoquímicas. En cambio, otros conviene formularlos con otros materiales para mejorarlos. Los sustratos formulados con composts con buenas propiedades físicas, químicas y biológicas pueden mejorar la fertilidad, la estructura, el contenido en materia orgánica y proveer supresividad a varias enfermedades.

Se dice que un suelo o sustrato es supresivo a una enfermedad cuando su severidad o incidencia es menor de la esperada para una determinada densidad de inóculo del fitopatógeno y condiciones adecuadas para la enfermedad. No todos los composts usados como sustratos son supresivos. La supresividad depende del tipo de compost, el patógeno, las condiciones ambientales y, además, el nivel de supresividad puede ser variable (Avilés et al., 2011).

El efecto de algunos composts contra ciertas enfermedades de plantas se ha demostrado en muchos estudios (Hoitink y Boehm, 1999; Litterick et al., 2004; Noble y Coventry, 2005; Termorshuizen et al., 2006; Bonanomi et al., 2007; Avilés et al., 2011). Algunas de estas enfermedades son las fusariosis vasculares (causadas por algunas formas especiales de *Fusarium oxysporum*), la caída de plántula causada por *Pythium* spp. o *Rhizoctonia solani* y la podredumbre gris causada por *Botrytis cinerea*. Estos patógenos inducen tanto enfermedades provenientes del suelo como aéreas.

El objetivo de este trabajo es mostrar el espectro de supresividad de cuatro composts elaborados en distintos años y con dos niveles de maduración contra varias enfermedades de plantas y bajo diferentes condiciones ambientales.



Los cuatro composts estudiados fueron corcho compostado, usado solo o mezclado con cascarilla de arroz, compost de orujo de uva, compost de alperujo y residuo de desmotadora mezclado con cascarilla de arroz y sustrato de champiñón compostado mezclado con turba o con cascarilla de arroz. En la foto, ensayos en clavel.

Materiales y métodos

Los cuatro composts estudiados fueron corcho compostado (CC) usado solo o mezclado con cascarilla de arroz (2:1 v/v), compost de orujo de uva (COU), compost de alperujo y residuo de desmotadora mezclado con cascarilla de arroz (1:1 v/v) (CAD+CA) y sustrato de champiñón compostado (Recomsa, Quintanar del Rey, Spain) mezclado con turba o con cascarilla de arroz (1:1 v/v). Estos composts se evaluaron durante distintas fases de maduración. Los poco maduros no superaron el año de maduración tras el compostaje, mientras que los muy maduros sí lo hicieron. Estos sustratos se compararon con tres sustratos comerciales usados normalmente por los horticultores: turba, fibra de coco y vermiculita.

Para conocer el espectro de supresividad de estos composts se realizaron 14 ensayos con seis patosistemas diferentes:

- *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 1 en tomate (un ensayo).
- *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 2 en tomate (cuatro ensayos).
- *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* raza 2 en clavel (cuatro ensayos).
- *Pythium aphanidematum* en pepino (un ensayo).
- *Rhizoctonia solani* en pepino (tres ensayos).
- *Botrytis cinerea* en pepino (un ensayo).

Los ensayos se desarrollaron en condiciones ambientales diferentes para poder evaluar la consistencia de la supresividad en estos composts. Algunos de estos ensayos se desarrollaron en cámaras de cultivo y otros en invernaderos. Además, según el ensayo las plantas crecieron en diferente volumen de sustrato y tipo de contenedor: macetas, bolsas o cajas.

Para cada patógeno se prepararon inóculos artificiales que se aplicaron a los sustratos. Las conidias para inocular *F. oxysporum* se obtuvieron a partir de cultivos líquidos en extracto de malta. Las concentraciones de inóculo se contaron con hematocímetro. Los inóculos de *Pythium aphanidematum* y *Rhizoctonia solani* se prepararon en un medio de cultivo suelo-patata (Ko and Hora, 1971) y después de 14 días de incubación y secado se tamizaron entre 1 y 2 mm. Las partículas retenidas entre ambos tamices se usaron como inóculo. La conidias de *B. cinerea* se recuperaron de cultivos en placas con un tampón de 0.5 mg ml⁻¹ glucosa y 0.5 mg ml⁻¹ KH₂PO₄ (De Meyer et al., 1998). Posteriormente se titularon con hematocímetro.

Durante los ensayos se midieron severidad o incidencia de la enfermedad en las plantas. La severidad se midió con diferentes escalas en función del patosistema. Al final de cada ensayo las medidas de severidad se integraron en el área bajo la curva de progreso de la enfermedad relativa al tiempo epidémico (ABCPER) (Campbell y Madden, 1990).

Los ensayos tuvieron al menos, tres bloques, dos réplicas y seis plantas por bloque. El diseño de los experimentos fue de bloques al azar y posteriormente los datos se analizaron con ANOVA. Posteriormente se realizaron los correspondientes tests de separación de medias ($P \leq 0.05$). Los datos se analizaron con los programas SPSS 11.5 o Statgraphics 5.0.



Los cuatro composts redujeron la severidad de la fusariosis vascular respecto a turba, fibra de coco y vermiculita con cualquiera de las formas especiales o razas estudiadas. En la imagen, ensayos en tomate.

Resultados y discusión

Los cuatro composts redujeron la severidad de la fusariosis vascular respecto a la turba, la fibra de coco y la vermiculita con cualquiera de las formas especiales o razas estudiadas (Tabla 1). En tomate, el máximo de reducción de severidad fue del 99,9 % respecto a la turba, mientras que en el clavel el máximo de reducción de enfermedad fue del 99,2% respecto a la fibra de coco. El compost más eficaz en el control de estas enfermedades fue el COU. La reducción de la severidad a la fusariosis en estos composts varió entre 48,2% y 99,9% en tomate, y entre 26% y 99,2% en clavel. Esto sugiere que los fenómenos asociados a la supresividad que tienen estos composts no diferencian entre formas especiales y razas de *F. oxysporum*. Los ensayos mostraron que los cuatro composts mantienen su capacidad supresora a la fusariosis después de distintos tiempos de maduración, incluso dos años después del compostaje. Sin embargo, la reducción de la severidad puede aumentar o disminuir con el tiempo de maduración dependiendo del tipo de compost. Para COU en tomate la reducción de la severidad varió entre el 99% y el 88,5% después de un año de maduración. Por otro lado, en CC y CAD+CA la reducción de la severidad aumentó del 69,6% hasta el 85,9% y del 93,8% al 97,9%, respectivamente.

Todos los composts presentaron supresividad a la caída de plántula causada por *P. aphanidermatum* respecto de la fibra de coco, incluso con diferentes tiempos de maduración. El compost que mostró la mayor reducción de la severidad a esta enfermedad fue el COU (97,8%). Este compost, además, también mostró diferencias significativas en la reducción a la enfermedad respecto a la turba (Tabla 1), sustrato menos conductivo que la fibra de coco.

Los ensayos con *Rhizoctonia* mostraron que la capacidad supresora de los composts aumenta con el tiempo de maduración, siendo CC el más supresivo (97,2% de reducción). Esto puede ser explicado en parte por el hecho de que *R. solani* es una especie altamente competitiva como saprófito utilizando celulosa y colonizando compost de cortezas fresco, pero no cortezas con un bajo contenido en celulosa (Hoitink y Boehm, 1999). Así, los composts maduros, con menor contenido en celulosa, son más eficientes en el control de esta enfermedad (Tabla 1).

La severidad de *Botrytis* también se redujo con los cuatro composts bajo condiciones de invernadero (Tabla 1).

Todos los ensayos revelaron la capacidad supresora de estos sustratos formulados con composts frente a varias enfermedades de suelo y una aérea. Además estos patógenos varían en su sensibilidad a diferentes fenómenos de control biológico. Los Oomicetes como *Pythium* spp. normalmente se ven afectados por supresividad de tipo general, asociada a la fungistasis como mecanismo principal de control (Hoitink y Boehm, 1999). En cambio, *Rhizoctonia solani*, al igual que *Sclerotinia sclerotiorum*, es menos vulnerable a la fungistasis y su control está más asociado a la presencia de uno o un pequeño grupo de microorganismos (supresividad específica). (Hoitink y Boehm, 1999; Rabeendran et al., 2006). Los mecanismos de acción de estos microorganismos pueden ser micoparasitismo, competencia por determinados nutrientes y/o nichos ecológicos, antibiosis e inducción de resistencia sistémica. *Fusarium oxysporum* es sensible a la fungistasis y también a la actividad de microorganismos específicos (Cotxarrera et al., 2002; Borrero et al., 2004; Termorshuizen et al., 2006). El control biológico de enfermedades foliares como *Botrytis* está asociado a modificaciones de la nutrición de la planta o a mecanismos de resistencia sistémica (Yogev et al., 2010).

Estos agrupamientos de patógenos relacionados por el tipo de propágulo o su comportamiento ecológico a priori y según algunos autores (Termorshuizen and Jeger, 2008) tienen poco valor predictivo de la enfermedad que realmente desarrollan debido a la importancia de las especies huésped y de las condiciones ambientales. Sin embargo, la capacidad supresora de estos composts se ha demostrado en ensayos con condiciones de cámara de cultivo e invernadero y con diferentes huéspedes. Por lo tanto, el uso de estos composts parece ser una medida aconsejable por su consistencia y sostenibilidad en el control de las enfermedades estudiadas y posiblemente también afecten a otros patógenos.

Cultivo	Tomate	Tomate	Tomate	Clavel	Clavel	Clavel	Tomate	Clavel	Tomate	Pepino
Patógeno ¹	Fol 2	Fol 1	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Fol 2	Pa
Condiciones	Cámara de cultivo	Cámara de cultivo	Cámara de cultivo	Cámara de cultivo	Invernadero	Cámara de cultivo	Invernadero	Invernadero	Invernadero	Cámara de cultivo
Volumen contenedor (L)	0.3	0.3	0.3	1	36	0.5	2.8	30	30	0.3
Fecha	2001	2001	2003	2004	2004-2005	2005	2005	2007-2008	2008	2004
Referencias	Borrero et al., 2004	Borrero et al., 2006	Borrero et al., 2005	Borrero et al., 2009	García et al., 2009			Castaño et al., 2011	Castaño et al., 2011	
Sustrato	ABCPER3 (rango 0-1)									Severidad (rango 0-1)
CC (MC)	0.174 b	0.066 b		0.118 c	0.527 b	0.239 c	0.211 c	0.540 b	0.212 b	0.097 bc
CC (ML)						0.187 cd	0.098 d			
CC+CA (MC)										
CC+CA (ML)										0.071 bc
COU (MC)	0.032 c	0.0003 c		0.007 d	0.337 c	0.081 e	0.007 e	0.439 c		0.106 bc
COU (ML)						0.164 d	0.080 de		0.042 c	0.013 c
CAD+CA (MC)				0.070 c			0.043 de			0.205 bc
CAD+CA (ML)			0.009 c				0.015 e			0.126 bc
CAD+CA (MC)							0.278 c			
SCC+T (ML)			0.007 c	0.100 c						0.109 bc
SCC+CA (MC)					0.339 c					
Turba rubia	0.449 a	0.212 a	0.171ab	0.799 a		0.839 a	0.695 a			0.260 b
Fibra de coco			0.231 a	0.882 a	0.850 a	0.762 b	0.507 b	0.730 a	0.409 a	0.562 a
Vermiculita	0.442 a		0.151 b	0.553 b						

Los datos se estudiaron via ANOVA con posteriores tests de separación de medias (PK0.05). Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas.
¹: Fol 1: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 1; Fol 2: *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 2; Fod: *F. oxysporum* f. sp. *dianthi* raza 2, Pa: *Pythium aphanidermatum*; Rs: *Rhizoctonia solani*; Bc: *Botrytis cinerea*.
²: CC: compost de corcho; CC+CA: composts de corcho mezclado con cascarilla de arroz; COU: compost de orujo de uva; CAD+CA: compost de alperujo y residuo de desmotadora mezclado con cascarilla de arroz; SCC+T: sustrato de champiñón compostado mezclado con turba; SCC+CA: sustrato de champiñón compostado mezclado con cascarilla de arroz; MC: maduración corta (0.5-1.5 años); ML: maduración larga (>1.5 años).
³ABCPER: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad relativa.

Tabla 1: Severidad o incidencia en cada ensayo de supresividad con diferentes sustratos.
 Los datos se estudiaron via ANOVA con posteriores tests de separación de medias (PK0.05). Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas.
 1: Fol 1: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 1; Fol 2: *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 2; Fod: *F. oxysporum* f. sp. *dianthi* raza 2, Pa: *Pythium aphanidermatum*; Rs: *Rhizoctonia solani*; Bc: *Botrytis cinerea*.
 2: CC: compost de corcho; CC+CA: composts de corcho mezclado con cascarilla de arroz; COU: compost de orujo de uva; CAD+CA: compost de alperujo y residuo de desmotadora mezclado con cascarilla de arroz; SCC+T: sustrato de champiñón compostado mezclado con turba; SCC+CA: sustrato de champiñón compostado mezclado con cascarilla de arroz; MC: maduración corta (0.5-1.5 años); ML: maduración larga (>1.5 años).
 3ABCPER: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad relativa.

Agradecimientos
 Estas investigaciones han sido financiadas por los proyectos del Ministerio de Ciencia y Tecnología AGL 2002-04313, 2005-08137, 2008-05414 y 2010-21982, el programa Torres Quevedo y el proyecto de la Junta de Andalucía P06-AGR-02313.

Bibliografía
 - Avilés, M., Borrero, C., Trillas, M.I. 2011. Review on Compost as an inducer of disease suppression in plants grown in soilless culture. En: *Dynamic Soil, Dynamic Plant, Compost III*. A. Sánchez Ferrer (Ed.). Global Science Books Vol. 5, special issue 2, pp:1-11.
 - Bonanomi, G., Antignani, V., Pane, C., Scala, F. 2007. Review on suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. *J. Plant Pathol.* 89: 311-324.
 - Borrero, C., Trillas, M.I., Ordovás, J., Tello, J.C., Avilés M. 2004. Predictive factors for the suppression of *Fusarium* wilt of tomato in plant growth media. *Phytopathology* 94:1094-1101.
 - Borrero, C., Infantes, M. J., González, E., Tello, J. C., Avilés, M. 2005. Relation between suppressiveness to tomato *Fusarium* wilt and microbial populations in different growth media. *Acta Hort.* 697:425-430.
 - *Soil Biol. Biochem.* 38:1631-1637. - Borrero, C., Ordovás, J., Trillas, M. I., Avilés, M. 2006. Tomato *Fusarium* wilt suppressiveness. The relationship between the organic plant growth media and their microbial communities as characterised by Biolog
 - Borrero, C., Trillas, M.I., Avilés, M., 2009. Carnation *Fusarium* wilt suppression in four composts. *Eur. J. Plant Pathol.* 123: 425-433.
 - Campbell, C. L., Madden, L. V. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. New York: Wiley-Interscience.
 - Castaño, R., Borrero, C., Avilés, M. 2011. Organic matter fractions by SP-MAS 13C NMR and microbial communities involved in the suppression of *Fusarium* wilt in organic growth media. *Biol. Control* 58: 286-293.
 - Cotxarrera, L., Trillas-Gay, M. I., Steinberg, C., Alabouvette, C. 2002. Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium* wilt of tomato. *Soil Biol. Biochem.* 34:467-476.
 - De Meyer, G., Bigirimana, J., Elad, Y., Höfte, M. 1998. Induced systemic resistance in *Trichoderma harzianum* T39 biocontrol of *Botrytis cinerea*. *Eur. J. Plant Pathol.* 104: 279-286.
 - García, A., Tello, L.C., Avilés, M., Ordovás, J. 2009. *Fusariosis del Clavel. Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*. Últimos Avances en su Control. Ediciones Agrotécnicas, Madrid, 275 pp.
 - Hotink, H.A.J., Boehm, M.J. 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37, 427-446.
 - Litterick, A.M., Harrier, L., Wallace, P., Watson, C.A., Wood, M. 2004. The role of uncomposted materials, composts, manures, and composts extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production - a review. *Crit. Rev. Plant Sci.* 23: 453-479.
 - Ko, W.H., Hora, F.K., 1971. A selective medium for the quantitative determination of *Rhizoctonia solani* in soil. *Phytopathology* 61: 707-710.
 - Noble, R., Coventry, E. 2005. Suppression of soil-borne plant diseases with composts: a review. *Biocontrol Sci. Techn.* 15:3-20.
 - Rabeendran, N., Jones, E.E., Moot, D.J., Stewart, A. 2006. Biocontrol of *Sclerotinia lettuce drop* by *Coniothyrium minitans* and *Trichoderma hamatum*. *Biol. Control* 39: 352-362.

- Segarra G, Casanova E., Borrero C, Avilés M, Trillas M.I. 2007. The suppressive effects of composts used as growth media against *Botrytis cinerea* in cucumber plants. *Eur. J. Plant Pathol.* 117, 393-402
- Termorshuizen, A. J., van Rijn, E., van der Gaag, D. J., Alabouvette, C., Chen, Y., Langerlöf, J., Malandrakis, A. A., Paplomatas, E. J., Rämert, B., Ryckeboer, J., Steinberg, C., Zmora-Nahum, S. 2006. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response. *Soil Biol. Biochem.* 38: 2461-2477.
- Termorshuizen A.J., Jeger M.J. 2008. Strategies of soilborne plant pathogenic fungi in relation to disease suppression. *Fungal Ecology* 1, 108-114.
- Trillas, I., Casanova, E., Cobarrera, L., Ordovás, J., Borrero, C. and Avilés, M. 2006. Composts from agricultural waste and the *Trichoderma asperellum* strain T-34 suppress *Rhizoctonia solani* in cucumber seedlings. *Biol. control* 39:32-38.
- Yogeve, A., Raviv, M., Hadar, Y., Cohen, R., Wolf, S., Gil, L., Katan, J. 2010. Induced resistance as a putative component of compost suppressiveness. *Biol. Control* 54: 46-51.