

Ventajas del compost frente a otros sustratos en cultivos sin suelo

Se puede utilizar durante dos cultivos sin afectar ni a la producción ni a la calidad de los frutos

El gran volumen de residuos orgánicos producidos por la horticultura intensiva ha encontrado una interesante aplicación como sustrato en cultivos sin suelo tras su compostaje. Es una buena solución desde el punto de vista medioambiental, ya que permite mejorar la gestión de estos residuos, puede utilizarse directamente sin mezclarlo con otros sustratos durante, al menos, dos cultivos y, posteriormente, puede emplearse como enmienda para la mejora nutricional de los suelos.

Pilar Mazuela¹ y Miguel Urrestarazu².

¹ Facultad de Agronomía. Universidad de Tarapacá, Chile.

² Departamento de Producción Vegetal. Universidad de Almería, España.

El manejo cultural utilizado en horticultura ha experimentado cambios notables durante las últimas cuatro décadas en el mundo. Unido a estos cambios tecnológicos, se ha producido un incremento de la superficie de cultivo sin suelo (CSS), debido a la necesidad de transportar las plantas de un lugar a otro y a la existencia de factores limitantes para la continuidad de los cultivos intensivos en un suelo natural, particularmente a la salinización, a enfermedades del suelo, al agotamiento de los suelos agrícolas y a la fuerte intensificación cultural. Todo esto ha facilitado el cultivo hidropónico y en sustrato al permitir un control riguroso del medio ambiente radical, especialmente de los aspectos relacionados con el suministro de agua y nutrientes.

En España, la superficie de cultivos sin suelo está concentrada especialmente en las provincias de Almería, Granada y Murcia y se estima en 5.000 ha (Urrestarazu et al., 2004), la mitad de ésta con lana de roca y el resto con perlita, arena, fibra de coco y otros sustratos o sistemas hidropónicos. Por otro lado, la superficie de cultivos bajo invernadero supera las 30.000 ha sólo en la provincia de Almería. Estos sistemas de producción tan intensivos generan un volumen de residuos hortícolas de 1.000.000 t al año (Salas et al., 2000), causando un grave problema de contaminación ambiental y visual que obliga a buscar formas de eliminación para estos desechos vegetales. Conway (1996) indica que uno de los factores a considerar para la agricultura sustentable es la eliminación de los residuos vegetales del área cercana a los invernaderos. Una de las alternativas para resolver el problema de contaminación de estos residuos hortícolas es transformarlo en compost. Estos residuos transformados en compost presentan la ventaja de que, al perder volumen y humedad, facilitan el transporte de los desechos a los vertederos, pueden ser utilizados como enmienda del suelo o pueden ser una alternativa de sustrato para el cultivo sin suelo.

Manejo de los residuos hortícolas

Los residuos son todo material generado en las actividades de producción y consumo que no tiene valor económico en las condiciones de tiempo y de lugar en que se ha producido y que debe ser recogido y tratado bien sea por razones de salud, bien para evitar ocupaciones innecesarias de espacio e, incluso, por consideraciones estéticas (Otero, 1992). En el caso de los residuos vegetales, son considerados residuos biodegradables, ya que son capaces de descomponerse de forma aerobia y anaerobia. El gran volumen de residuos orgánicos producidos por la horticultura intensiva se genera por la labor de podas y deshojados de plantas y al término de los ciclos productivos de los cultivos anuales. Estos residuos generan focos de infección y son vectores de enfermedades para las plantas, contaminan el ambiente por su impacto sobre la atmósfera, el suelo y las aguas. Hasta ahora los residuos hortícolas eran utilizados principalmente para el enriquecimiento en materia orgánica en suelos de mala calidad y en ocasiones como alimento verde para el ganado. Otra forma de disminuir este impacto ambiental es mediante el compostaje, con lo que se obtiene un abono orgánico, y más recientemente, un sustrato alternativo en cultivo sin suelo, lo que implica un beneficio medioambiental adicional al poder ser incorporado nuevamente al suelo una vez terminada la vida útil como sustrato.

El compostaje es un proceso bio-oxidativo controlado, que se desarrolla sobre sustratos orgánicos en estado sólido, en condiciones de humedad adecuadas, por la acción de numerosos y variados microorganismos, que puede realizarse por métodos de reactores o de pilas. Este último destaca por su bajo coste y se distinguen dos tipos dentro de él: pila estática aireada y pila móvil o con volteos. El compost es el producto que resulta del proceso de compostaje y maduración; está compuesto de una materia orgánica estabilizada, inocua y sin sustancias fitotóxicas que puede ser utilizada para fines hortícolas sin efectos negativos sobre la planta (Abad et al., 1997). Sin embargo, la utilización de los residuos vegetales como medio de cultivo para plantas hortícolas en los sistemas intensivos todavía crea susceptibilidades respecto a la supervivencia de microorganismos fitopatógenos en el material vegetal compostado que puedan afectar a las plantas cultivadas en él; a la presencia de sustancias fitotóxicas que puedan suponer una amenaza para las plantas que crezcan sobre ellos; y a las posibles pérdidas de competitividad del agrosistema (Salas et al., 2000).

En la medida que la normativa se vuelve más exigente con el cuidado del medio ambiente, aumenta el interés tendiente a solucionar los problemas medioambientales derivados de los sistemas de producción intensivos y, con ello, los estudios que demuestran que las condiciones fitosanitarias del compost son aptas para su uso como sustrato (Salas et al., 2000) y puede ser uti-

lizado como alternativa de la turba en viveros de plantas ornamentales (Ingelmo et al., 1997; Offord et al., 1998; Abad et al., 2002), en almácigo de tomates (Ozores-Hampton et al., 1999) y otros cultivos (Shinohara et al., 1999; Ball et al., 2000; Salas et al., 2000; Urrestarazu et al., 2000; Salas et al., 2001; Urrestarazu et al., 2003; Mazuela et al., 2004a; Mazuela et al., 2004b; Mazuela y Urrestarazu, 2004).



Junto a la mayor tecnología utilizada en los sistemas de producción intensivos, aumentan las normativas de impacto ambiental. En los cultivos sin suelo se producen salidas del sistema consideradas contaminantes semejantes a las producidas por otros sistemas de cultivos hortícolas (drenaje-lixiviados, emisión de productos fitosanitarios, etc.). Sin embargo, son los propios materiales utilizados como sustrato los que más contaminan cuando su vida útil termina. Aunque se han propuesto diversas soluciones (Vega y Raya, 2004), el mayor problema aparece en los materiales minerales transformados o tratados industrialmente como la lana de roca y la perlita, al ser sustratos no biodegradables. Los problemas ambientales derivados de la eliminación de los sustratos finalizado su tiempo útil ha obligado a la búsqueda de materiales alternativos menos agresivos con el medio ambiente. Al conjunto de materiales que son susceptibles de ser utilizados como sustrato en cultivo sin suelo y que pueden sustituir a los tradicionalmente más extendidos en horticultura se les denomina sustratos alternativos. Estos últimos, en general, son considerados más adecuados desde el punto de vista medioambiental. Dentro de este grupo podríamos incluir el material proveniente del compostaje de residuos hortícolas producidos por los cultivos intensivos. Al utilizar desechos vegetales compostados como sustrato se obtiene un sistema de producción cerrado capaz de disminuir el impacto ambiental derivado de los sistemas

CUADRO I. CONTENIDO DE METALES PESADOS (mg·kg⁻¹ POR GRAMO DE MATERIA SECA) EN COMPOST DE RESIDUOS HORTÍCOLAS PROVENIENTES DE INVERNADEROS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS EN SUSTRATOS DE CULTIVO PARA HORTALIZAS, ORNAMENTALES Y ENMIENDAS ORGÁNICAS.

Metal	Compost ⁽¹⁾	Hortalizas ⁽²⁾	Ornamentales ⁽²⁾	Enmiendas ⁽³⁾
Zn	143	1.000	1.500	1.100
Cu	72	100	500	450
Cr	8,2	150	200	400
Pb	7,7	600	1.000	300
Ni	5,0	50	100	120
Co	1,7	50	50	—
Cd	0,2	5	5	10

Fuente: ⁽¹⁾Datos propios; ⁽²⁾Abad et al., 1993; ⁽³⁾BOE, 1998.

de producción intensivos (Urrestarazu y Salas, 2004). Diversos estudios han concluido que el compost de desechos hortícolas puede utilizarse en cultivo sin suelo sin que afecte la producción tanto en calidad como en cantidad (Salas et al., 2000; Urrestarazu et al., 2000; Urrestarazu et al., 2003; Mazuela et al., 2004a; Mazuela y Urrestarazu, 2004) durante, al menos, dos cultivos (Salas et al., 2001; Mazuela et al., 2004b), pudiendo constituirse en un sustrato alternativo y competitivo para su uso directo en los cultivos sin suelo sin necesidad de realizar mezclas con otros sustratos. Esto, siempre y cuando se acondicione previamente a su uso y la fertirrigación sea ajustada a las características del sustrato, especialmente las físico-químicas.

La utilización directa de muchos materiales orgánicos frescos presenta una serie de inconvenientes como son: fitotoxicidad (por sustancias orgánicas, metales pesados, etc.), inmovilización del nitrógeno, deficiencia de oxígeno, etc. El proceso de compostaje soluciona estos problemas tal como se ha demostrado con el compost proveniente de los residuos hortícolas generados en los invernaderos de Almería y compostados en las instalaciones de la Universidad de Almería. La preparación del compost se hace con una mezcla volumétrica proporcional de diferentes cultivos hortícolas cuyo criterio de selección es obtener una relación C/N teórica entre 15 y 20. En el **cuadro I** se indica el contenido de metales pesados en compost de distintas procedencias y los máximos permitidos para la producción de hortalizas, ornamentales y enmienda orgánica, con lo que se concluye que no hay problemas para su utilización. El aspecto final del compost de desechos hortícolas es granulado fibroso, inodoro y de aspecto atractivo para el productor al recordar la apariencia de la turba tradicional (Urrestarazu y Salas, 2004).

Acondicionamiento previo del sustrato

Sin embargo, pese a las ventajas que tiene utilizar el compost de residuos vegetales como sustrato alternativo en cultivos sin suelo, presenta condiciones de alta salinidad inicial y pH (Spiers y Fietje, 2000), especialmente si está inmaduro o es inestable (Ozores-Hampton et al., 1999), que deben ser corregidas para el buen desarrollo de los cultivos (Urrestarazu et al., 2000; Urrestarazu et al., 2003). La primera etapa del uso de un sustrato en el cultivo sin suelo es la caracterización del mismo. Es importante conocer sus pro-



Aspecto general del compost de residuos hortícolas.

CUADRO II. PROPIEDADES FÍSICAS Y FÍSICO-QUÍMICAS SELECCIONADAS DE COMPOST Y FIBRA DE COCO.

	Compost ⁽¹⁾	Fibra de coco ⁽²⁾	Óptimo ⁽³⁾
Densidad aparente (g·cm ⁻³)	0,34-0,39	0,059	< 0,40
Densidad real (g·cm ⁻³)	1,79-1,83 ⁽⁴⁾	1,51 ⁽⁵⁾	
Índice de grosor (%)	60,4-65,6	34	
Espacio poroso total (% vol)	77,9-81,2	96,1	> 85
Capacidad de retención de agua (ml·l ⁻¹)	358-427	523	600-1.000
Contracción (% vol)	7,5-13,3	14 ⁽⁵⁾	
Materia orgánica total (%)	54,59 ⁽⁴⁾	93,8	> 80 ⁽²⁾
pH en pasta saturada	7,9-8,0	5,71	5,2-6,3
CE en extracto de saturación (dS·m ⁻¹)	22,95-34,3	3,52	0,75-1,99

⁽¹⁾ Urrestarazu y Salas (2004), ⁽²⁾ Abad et al. (1997), ⁽³⁾ Abad et al. (1993).

⁽⁴⁾ Mazuela et al. (2004b), ⁽⁵⁾ Noguera et al. (2000).

propiedades físicas, fisico-químicas y químicas para poder comparar con los sustratos tradicionales y determinar su manejo agronómico. Como indica Abad et al. (2004), es de gran importancia la caracterización granulométrica de los sustratos, ya que de ello dependen otras propiedades físicas. El tamaño de las partículas afecta al crecimiento de las plantas a través del tamaño de los poros. La distribución del tamaño de las partículas y de los poros determina el balance entre el contenido en agua y en aire del sustrato, a cualquier nivel de humedad. La degradación de un sustrato supone una disminución del tamaño de las partículas, afectando las propiedades fisico-químicas (Richards et al., 1986; García et al., 1997; Noguera et al., 2000; Abad et al., 2004). La determinación de las propiedades de los sustratos de cultivo y su discusión ha sido abordada por diversos autores (Ansorena, 1994; Cadahía y Eymar, 1993; Martínez, 1993).

CUADRO III. PRODUCCIÓN COMERCIAL EN TOMATE Y MELÓN COMPARANDO DOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.

	Tomate				Melón (Galia)			
	cv Josefina ⁽¹⁾		cv Daniela ⁽²⁾		cv Pitenza ⁽³⁾		cv Danubio ⁽⁴⁾	
Tratamiento	kg·m ⁻²	nº·m ⁻²	kg·m ⁻²	nº·m ⁻²	kg·m ⁻²	nº·m ⁻²	kg·m ⁻²	nº·m ⁻²
Fibra de coco	6,82	790	4,68	43	7,64	99	5,89	5,11
Compost	6,00	712	4,75	44	7,72	99	5,29	4,63

Fuente: ⁽¹⁾ Urrestarazu et al., 2000; ⁽²⁾ Urrestarazu et al., 2003; ⁽³⁾ Mazuela et al., 2004b;

⁽⁴⁾ Mazuela y Urrestarazu, 2004.

nº m² : frutos por unidad de superficie.

En el **cuadro II** se señalan algunas características del compost donde se observa la alta salinidad y pH que obliga a un acondicionamiento previo del sustrato. Idealmente, este acondicionamiento consiste en un lavado inicial con ácido nítrico a pH 2,5 en igual volumen que el sustrato, luego se debe continuar el lavado con agua de riego en relación 1:5 (volumen sustrato: volumen agua). En la práctica, y para efectos de mayor comodidad para el agricultor y un ahorro de agua, basta con hidratar con una solución de agua de riego durante tres horas para un contenedor con 19 litros de sustrato y tres goteros de 3 l/h, vale decir, un volumen de 27 l de agua por saco de sustrato.

Producir cuidando el medio ambiente

Para el éxito de un cultivo en este sustrato es importante ser muy estricto en las consignas de conductividad eléctrica y pH que deben mantenerse cercanas a 2,2 y 5,0-5,5, respectivamente. Con estas consignas son previsibles drenajes de CE hasta 5 dS·m⁻¹ y pH 7,5 sin que esto signifique problemas para el desarrollo de la planta. En los invernaderos de la Universidad de Almería se han realizado varias campañas de cultivo utilizando compost como sustrato (**cuadro III**). En un cultivo de melón tipo Galia, se observaron síntomas de clorosis en unos ensayos donde el drenaje del compost alcanzaba un pH 7,5. Inmediatamente se procedió a la aplicación localizada de solución nutritiva con pH 5,2 y la planta se recuperó totalmente a los dos días. Sin embargo, el pH del drenaje se mantuvo en pH cercano 7,5 durante todo el ciclo del cultivo. Al terminar el ensayo, se observó que las raíces crecían de la misma forma que se desarrollan en los otros sustratos, hacia los bordes del sustrato, sin desarrollar el sistema radical al interior del sustrato, debido a que las raíces crecen donde hay más agua y en esa rizosfera se dan las condiciones adecuadas para el desarrollo de las raíces independientemente de lo que pasa en el resto del sustrato. Por lo tanto, el manejo de los parámetros de fertirriego y la correcta interpretación de éstos es determinante para el éxito del cultivo en este sustrato.

De los estudios realizados en compost proveniente de residuos hortícolas de invernadero se ha concluido que es inocuo desde el punto de vista fitopatológico y sustancias fitotóxicas, siendo posible su uso en cultivo sin suelo sin consecuencias negativas en la producción (Salas et al., 2000; Urrestarazu et al., 2000; Urrestarazu et al. 2003; Mazuela et al., 2004b; Mazuela y Urrestarazu, 2004), como se observa en el **cuadro III**. Sin embargo, al igual que otros sustratos comerciales, la duración del



De izquierda a derecha: Aspecto de una unidad de cultivo sin suelo con compost puro en establecimiento de un cultivo de melón. En el centro: Vista parcial de la carga de frutos de melón en compost. A la dcha.: Cultivo de tomate en compost en un invernadero tipo raspa y amagado.

CUADRO IV. PRODUCCIÓN COMERCIAL EN MELÓN Y TOMATE COMPARANDO COMPOST NUEVO Y REUTILIZADO.

Tratamiento	Melón tipo Galla (cv Aitana) 1		Tomate (cv Pitenza)2	
	kg·m ⁻²	n°·m ⁻²	kg·m ⁻²	n°·m ⁻²
Compost nuevo	5,1	4,5	7,7	99
Compost reutilizado	5,2	5,0	7,8	99

Fuente: ⁽¹⁾Salas et al., 2001; ⁽²⁾Mazuela et al., 2004^a.
n° m² : frutos por unidad de superficie.



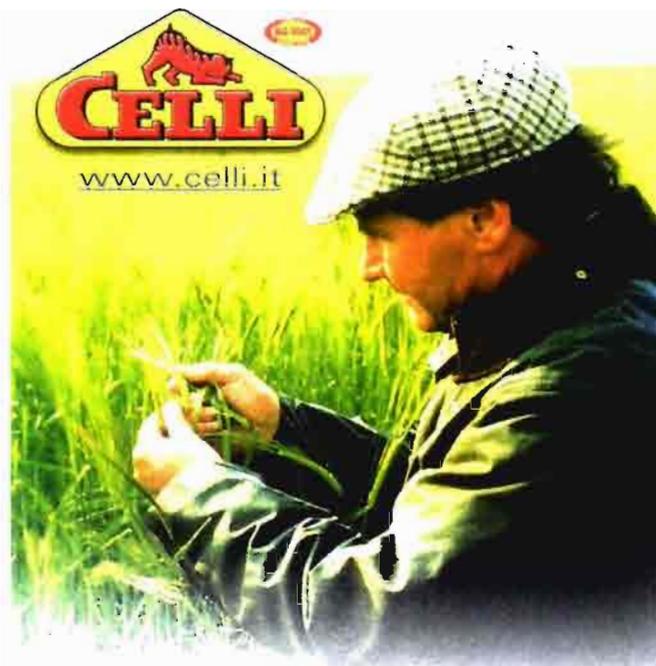
Aspecto de la bandeja de drenaje y frutos de tomate en compost.

compost de residuos vegetales debe asegurar al agricultor una competitividad óptima comparativamente. En el **cuadro IV** se indica el efecto de la reutilización del compost como sustrato en dos ciclos de cultivo (Salas et al., 2001; Mazuela et al., 2004a). Abad et al. (2004) indican que muchos materiales pueden ser utilizados con éxito, bien en forma pura o bien en mezcla, en la preparación de los sustratos de cultivo para las plantas. La elección de un material particular viene determinada usualmente por: la disponibilidad del mismo, la finalidad de la producción (cosecha), su coste, sus propiedades, experiencia local en su utilización y su impacto ambiental. ■

CONCLUSIÓN

La transformación de los desechos hortícolas en compost permite mejorar la gestión de los residuos vegetales de invernadero, ya que durante el proceso se transforma en materia orgánica estabilizada, inocua, sin sustancias fitotóxicas ni exceso de metales pesados. Durante el proceso pierde humedad, facilitando el transporte a vertederos, la incorporación como enmienda al suelo y el uso como sustrato en cultivo sin suelo. Esta última alternativa es

una buena solución desde el punto de vista medioambiental porque presenta la ventaja de ser un sustrato orgánico que puede utilizarse directamente como sustrato sin necesidad de mezclar durante, al menos, dos cultivos sin que afecte la producción ni la calidad de los frutos y, una vez terminada la vida útil como sustrato, puede incorporarse como enmienda al suelo, cerrando un hipotético círculo perfecto desde el punto de vista ambiental. ■



ÚTILES ROTATIVOS

PREPARACIÓN DEL TERRENO



8 gamas diferentes para tractores de 40 a 360 CV.

FRESAS



15 modelos en versiones rígidas y plegables para tractores hasta 350 CV.

GRADAS ROTATIVAS



CELLI ES UNA MARCA
COMERCIALIZADA POR COMECA
Y SU RED DE CONCESIONARIOS

Polígono 'El Balconcillo' • Lepanto, 10
19004 Guadalajara
Tel.: 949 20 82 10 • Fax: 949 20 30 17
E-mail: comeca@comeca.es
www.comeca.es