

La fibra de pino como sustrato en cultivo sin suelo de plantas hortícolas

Presenta ventajas medioambientales frente a otros sustratos no biodegradables

La preocupación por el medio ambiente ha llevado al ensayo de otros sustratos válidos para los cultivos sin suelo que, a su vez, puedan utilizarse como enmienda orgánica tras varios ciclos de cultivo. De los ensayos se desprende que en el cultivo en fibra de pino la producción, calidad de fruto, consumo hídrico y vertido de iones en los drenajes no hay diferencias significativas respecto a otros sustratos más utilizados.

M. Urrestarazu, J. Soler y M.C. Salas.

Departamento de Producción Vegetal. Universidad de Almería.

J. Muro, I. Irigoyen y R. Salazar.

Departamento de Producción Agraria. Universidad Pública de Navarra.



Detalle de un saco de cultivo con fibra de pino utilizado en los ensayos.

La expansión de los cultivos sin suelo tiene como consecuencia un aumento en la demanda de materiales para ser utilizados como medio de cultivo, lo que supone la sobreexplotación de recursos naturales no renovables como es el caso de las turbas. La preocupación por el medio ambiente nos lleva a la búsqueda de nuevos sustratos que cumplan una serie de criterios como son la durabilidad, el impacto ambiental mínimo para su obtención, procesado y utilización, y la ausencia de problemas para su eliminación después de su uso (Verdonck, 1983; Abad et al., 2000; Salas et al., 2000).

En la mayoría de los cultivos hidropónicos se utilizan la lana de roca, perlita o fibra de coco como medio de cultivo. Normalmente la vida útil de estos sustratos es de cuatro ciclos de cultivo, que se desarrollan a lo largo de algo más de dos años, al término de los cuales son desechados.

La búsqueda de nuevos sustratos en lugares a veces muy distantes de donde van a ser utilizados hace que la fibra de pino adquiera gran relevancia como medio de cultivo por tratarse de un recurso que se genera dentro de nuestro país, pudiendo usarla con mayor rentabilidad económica y medioambiental.

A continuación se resumen los resultados de numerosos trabajos de investigación realizados paralelamente en la Universidad Pública de Navarra (Muro et al., 2004) y la Universidad de Almería (Urrestarazu et al., 2004), con el objetivo de evaluar la posible utilización de la fibra de pino como sustrato para cultivo sin suelo de diferentes especies hortícolas. Con dicha evaluación agronómica se pretende llegar a una serie de conclu-

siones que permitan dar a conocer las ventajas e inconvenientes de la utilización de la fibra de pino como sustrato.

La fibra de pino como sustrato

La fibra de pino es un material de origen vegetal que proviene de la madera de especies de pino de origen autóctono, por lo que se elimina la dependencia de importaciones de terceros países. Este producto se obtiene a partir de la desfibración de la celulosa de madera en baja densidad. La madera que se utiliza para su elaboración es habitualmente la del pino común o de Monterrey (*Pinus insignis*) y se emplea en rollizos sin descortezar o descortezados; también se puede utilizar astilla de madera, producto procedente de las serrerías, con lo que se da salida a un residuo de la industria maderera.

La fibra de pino es un sustrato ligno-celulósico que se obtiene mediante la trituración de residuos de serrería que posteriormente se someten a un proceso de desfibración con agua caliente. El producto final no contiene resinas ni otros compuestos fitotóxicos y constituye un producto orgánico, estable y esterilizado que, tras su utilización como medio de cultivo, puede utilizarse como enmienda orgánica de suelo.

Evaluación agronómica del sustrato

Para realizar la evaluación agronómica de la fibra de pino se realizaron una serie de ensayos de campo con plantas de tomate y melón con el objetivo de comparar la producción obtenida

CUADRO I. PRODUCCIÓN COMERCIAL Y NÚMERO DE FRUTOS DE UN CULTIVO DE TOMATE PARA LOS DISTINTOS SUSTRATOS: FIBRA DE PINO INICIAL (FI), FIBRA DE PINO MEJORADO (FM), PERLITA INICIAL (PI), PERLITA NUEVA (PN), FIBRA DE COCO INICIAL (CI) Y FIBRA DE COCO NUEVA (CN)

| | FI | FM | PI | PN | CI | CN | sig. |
|--|------------|----------|---------|----------|---------|---------|------|
| Peso comercial (kg m²) | | | | | | | |
| 1 ^{er} ciclo | 8,53 a (*) | — | — | 9,26 a | — | 9,49 a | n.s |
| 2 ^o ciclo | 15,77 a | 15,77 a | 16,25 a | 16,5 a | 13,96 a | 15,53 a | n.s |
| 3 ^{er} ciclo | 10,22 a | 9,54 a | 9,94 a | 10,49 a | 9,32 a | 9,89 a | n.s |
| 4 ^o ciclo | 14,74 a | 13,87 ab | 14,54 a | 14,04 ab | 11,54 b | 13,07 b | * |
| Frutos (frutos m²) | | | | | | | |
| 1 ^{er} ciclo | 57,2 a | — | — | 58 a | — | 62 a | n.s |
| 2 ^o ciclo | 74,8 a | 74,3 a | 76 a | 74,4 a | 69,3 a | 73,9 a | n.s |
| 3 ^{er} ciclo | 116 a | 110 a | 113 a | 114 a | 105 a | 127 a | n.s |
| 4 ^o ciclo | 63,45 a | 60,6 a | 64,15 a | 60,35 a | 54,4 a | 59,3 a | n.s |

(*) En horizontal las medias con la misma letra no se diferencian significativamente (p < 0,05). * y n.s. diferencias significativas (p < 0,05) y no significativas respectivamente. Fuente: Muro et al., 2004.

CUADRO II. PRODUCCIÓN EN FUNCIÓN DE LOS SUSTRATOS UTILIZADOS, FIBRA DE COCO (C) Y FIBRA DE PINO (F), Y EL VALOR DE P ASOCIADO A LA T DE STUDENT EN UN CULTIVO DE MELÓN TIPO GALIA EN EL CICLO DE PRIMAVERA. DS=DESVIACIÓN ESTÁNDAR

| | kg m ² | | | | Nº frutos m ² | |
|-------|-------------------|------|--------------|------|--------------------------|------|
| | Comercial | | No comercial | | Comercial | |
| | C | F | C | F | C | F |
| Media | 6,55 | 6,19 | 0,15 | 0,14 | 5,08 | 5,12 |
| DS | 0,50 | 0,43 | 0,04 | 0,03 | 1,29 | 0,78 |
| p | 0,8151 | | 0,9658 | | 0,9679 | |

Fuente: Urrestarazu et al., 2004.

comparativamente con otros sustratos como son perlita y fibra de coco. En todos los ensayos se cuantificaron la producción en peso y número y la calidad de la misma. A su vez, en el ensayo de melón se cuantificaron los iones totales vertidos al medio en los drenajes durante el ciclo de cultivo.

El ensayo de tomate (cv Jack) se llevó a cabo en un invernadero calefactado situado en San Sebastián (Gipuzkoa), durante el cual se alternaron dos ciclos de cultivo de verano-otoño con dos ciclos de invierno-primavera. Se realizaron cuatro ciclos de cultivo consecutivos en sacos rellenos de fibra de pino y se comparó la producción con la obtenida en sacos con fibra de coco y perlita.

El primer ciclo se inició con sacos nuevos de fibra de pino, perlita y fibra de coco. A partir de aquí, para conocer el efecto del envejecimiento por el uso de los sustratos, en el segundo ciclo de cultivo se incorporaron tres nuevos sustratos al ensayo. Por un lado, sacos nuevos rellenos de perlita y fibra de coco, idénticos a los sacos anteriores y que denominaremos PN y CN. Por otro lado, se incorporaron sacos rellenos de fibra de pino con un material que había sido sometido a una defibración menos intensa que el del primer ciclo y que denominaremos fibra de pino mejorada (FM). De esta manera, a partir del segundo ciclo los sustratos ensayados fueron seis: fibra de pino inicial (FI), fibra de coco inicial (CI), perlita inicial (PI), fibra de pino mejorada (FM), fibra de coco nueva (CN) y perlita nueva (PN). Los tres últimos tra-

tamientos con un ciclo de cultivo menos que los tres primeros.

En el ensayo en el que se utilizaron plantas de melón (cv. Yucatán), los sustratos utilizados fueron fibra de coco (C) usada como testigo y la fibra de pino (F).

Producción

En los cultivos de tomate (**cuadro I**), la producción total, comercial, y número de frutos de los tres primeros ciclos fue igual en todos los casos, y no se vio afectada por el tipo de sustrato ni por la diferencia de edad de los sacos, indicando que la degradación sufrida por el sustrato no afecta a su producción. Únicamente desciende significativamente la producción comercial de los tomates cultivados en fibra de coco, tanto en la nueva (CN) como en la reutilizada (CI), durante su segundo ciclo de verano. Si bien esta reducción es pequeña, representa un descenso respecto de la media del resto de los sustratos del 14%.

En cuanto a fibra de pino, se puede observar que la fibra de pino inicial (FI) con respecto a la mejorada (FM) no muestra diferencias significativas tanto en la producción total como en la comercial. A pesar de ello FI en todos los ciclos ha obtenido mejores resultados que FM, aunque no estadísticamente significativas, por lo que habría que reconsiderar las mejoras realizadas en dicho sustrato.

Las plantas de melón cultivadas en la fibra de pino (**cuadro II**) alcanzan 6,19 kg m² de producción comercial, siendo el valor para las de fibra de coco de 6,55 kg m². Se observa una ligera diferencia a favor de la fibra de coco, cuantificada en 0,36 kg m², pero los análisis estadísticos aplicados nos demuestran que esta diferencia no es significativa. Esto significa que el sustrato fibra de pino es capaz de producir al mismo nivel que el sustrato testigo con el que se compara.

Calidad

En los frutos de los cultivos de tomate, el contenido en sólidos soluble (^oBrix), aumenta en todos los tratamientos con el transcurso de los ciclos, pero siempre manteniéndose dentro del nivel óptimo propuesto por Segura (1995) (**cuadro III**).



Cultivo de tomate utilizando como sustrato de cultivo fibra de pino.

CUADRO III. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (^oBRIX) DE UN CULTIVO DE TOMATE, PARA LOS DISTINTOS SUSTRATOS: FIBRA DE PINO INICIAL (FI), FIBRA DE PINO MEJORADA (FM), PERLITA INICIAL (PI), PERLITA NUEVA (PN), FIBRA DE COCO INICIAL (CI) Y FIBRA DE COCO NUEVA (CN).

| | FI | FM | PI | PN | CI | CN | sig. |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 ^{er} ciclo | 4,12 | — | 4,31 | — | 4,18 | — | — |
| 2 ^o ciclo | — | — | — | — | — | — | — |
| 3 ^{er} ciclo | 5,51 | 4,23 | 4,6 | 4,42 | 4,29 | 4,45 | — |
| 4 ^o ciclo | 6,2 | 6,1 | 5,8 | 6,1 | 6,1 | 4,8 | — |

Fuente: Muro et al., 2004.

CUADRO IV. PARÁMETROS DE CALIDAD DE FRUTO EN FUNCIÓN DE LOS SUSTRATOS UTILIZADOS, FIBRA DE COCO (C) Y FIBRA DE PINO (F), ASÍ COMO EL VALOR DE P ASOCIADO A PRUEBA DE LA T DE STUDENT, EN UN CULTIVO DE MELÓN (CUCUMIS MELO) TIPO GALIA EN EL CICLO DE PRIMAVERA. DS= DESVIACIÓN ESTÁNDAR

| | Firmeza pulpa (kg) | | Materia seca (%) | | Sólidos solubles totales (° Brix) | |
|-------|--------------------|------|------------------|------|-----------------------------------|-------|
| | C | F | C | F | C | F |
| Media | 1,72 | 1,64 | 10,14 | 9,89 | 12,30 | 11,78 |
| DS | 0,21 | 0,09 | 0,51 | 0,67 | 0,83 | 0,42 |
| p | 0,5933 | | 0,6375 | | 0,4046 | |

Fuente: Urrestarazu et al., 2004.

CUADRO V. CONSUMO HÍDRICO Y CARACTERÍSTICAS DEL FERTIRRIEGO MEDIOS EN FUNCIÓN DE LOS SUSTRATOS UTILIZADOS, FIBRA DE COCO (C) Y FIBRA DE PINO (F), Y EL VALOR DE P ASOCIADO A LA T DE STUDENT EN UN CULTIVO DE MELÓN TIPO GALIA EN EL CICLO DE PRIMAVERA.

| | Drenaje % | CE (dS m ⁻¹) | pH | Consumo l m ⁻² día ⁻¹ | l m ⁻² |
|---|-----------|--------------------------|--------|---|-------------------|
| C | 20 | 4,56 | 5,90 | 2,66 | 199,6 |
| F | 27 | 3,64 | 6,47 | 2,63 | 197,0 |
| p | 0,1620 | 0,0458 | 0,2839 | 0,7002 | 0,7002 |

Fuente: Urrestarazu et al., 2004.

CUADRO VI. EMISIONES TOTALES MEDIAS DE IONES AL MEDIO AMBIENTE (G M-2) EN FUNCIÓN DE LOS SUSTRATOS UTILIZADOS, FIBRA DE COCO (C) Y FIBRA DE PINO (F), Y EL VALOR DE P ASOCIADO A LA T DE STUDENT, EN UN CULTIVO DE MELÓN TIPO GALIA EN EL CICLO DE PRIMAVERA

| Sustrato | NO ₃ ⁻ | H ₂ PO ₄ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ |
|----------|------------------------------|---|-------------------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|
| C | 114,1 | 26,4 | 52,0 | 4,6 | 51,1 | 29,8 | 23,3 | 34,2 |
| F | 74,4 | 26,2 | 41,0 | 4,0 | 48,2 | 31,2 | 19,6 | 28,9 |
| p | 0,1129 | 0,9866 | 0,2497 | 0,4608 | 0,7603 | 0,8308 | 0,4144 | 0,4678 |

Fuente: Urrestarazu et al., 2004.

Respecto a la calidad de los frutos de melón cultivados en fibra de coco (C) y fibra de pino (F) (**cuadro IV**), la firmeza de la pulpa de los frutos (1,72 y 1,64 kg para C y F, respectivamente) y el porcentaje de materia seca (10,14 y 9,89% para C y F, respectivamente) muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

El nivel de sólidos solubles demandado depende del tipo de mercado: Francia y Bélgica prefieren melón tipo Galia y amarillo con más de 8° Brix y en Cantaloup 10° Brix. El mercado español prefiere el melón piel de sapo, con un peso de 2 kg y un mínimo de 12° Brix (Giambanco de Ena, 1997). Los valores medios obtenidos en los sólidos solubles totales para C y F son 12,30 y 11,78° Brix, respectivamente, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas, si bien la tendencia general es que en los frutos de fibra de coco este parámetro es ligeramente mayor (**cuadro IV**).

Análisis del drenaje

El **cuadro V** muestra los valores relacionados con el manejo del fertirriego (porcentaje medio diario de drenaje, así como las características del mismo -CE y pH-) y el con-

sumo hídrico diario y total del sistema según el sustrato empleado en el cultivo de melón donde no existen diferencias estadísticamente significativas, mostrando valores similares en ambos casos.

Como muestra el **cuadro VI**, donde se resumen los aniones y cationes totales emitidos en los drenajes, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos sustratos con respecto a la emisión de iones contaminantes.

Evaluación de las características físicas de los sustratos empleados

A su vez, se estudió la evolución de las características físicas de los tres medios de cultivo (fibra de pino, fibra de coco y perlita) durante los ensayos de tomate. Al final del primer y último ciclo de cultivo se determinaron en el Laboratorio Agrario de Frailor (Gipuzkoa) las curvas de retención de agua, porosidad y densidad de cada sustrato, siguiendo la metodología descrita por Ansorena (1994).

Los análisis de las características físicas realizadas al final del cuarto ciclo nos muestran la degradación sufrida por todos los sustratos. Comparando los resultados entre la primera y la última campaña, se puede observar tanto en FI como FM (**figura 1**) la reacción típica de la degradación del sustrato debido a su uso reiterado, esto es, el volumen de aire a 0,1 m.c.a. de tensión disminuye. Esto es debido a la rotura de las fibras que provoca una pérdida de su estructura, disminuyendo la cantidad de macroporos y aumentando la cantidad de poros de menor tamaño. Hay que resaltar que estos sustratos son empleados en hidroponía, por su alta capacidad de aireación a -0,1 m.c.a. Las dos versiones de fibra de pino han perdido poder de retención de aire, siendo FM (Fibra de pino mejorado) el que posee mayor capacidad de aireación de los dos tipos de fibra de pino ensayados.

Respecto a la perlita (**figura 1**), al igual que la fibra de pino, con el uso reiterado poco a poco va perdiendo capacidad de aireación, aumentando el volumen de agua presente en ella. Esto es debido también a la disminución de macroporos, aunque en fibra de pino es un poco más pronunciado. Así, la perlita ofrece un buen volumen de aireación a -0,1 m de tensión, incluso en el



Fibra de pino.

SANIDAD AGRÍCOLA ECONEX, S.L.

C/. San Francisco, Nº 6 . 30149 SISCAR-SANTOMERA - MURCIA (ESPAÑA, UE)

Apartado de Correos Nº 167 - Tel. 900 502 401 - 968 86 03 82 - 968 86 11 29

Fax 968 86 23 42 - www.e-econex.com e-mail: econex@e-econex.com

900 502 401

ACERCAMOS EL SERVICIO A NUESTROS CLIENTES



Desde 1986

ECONEX TRYPACK[®]

PARA CAPTURAS MASIVAS DE LA MOSCA DE LA FRUTA

*El ECONEX TRYPACK[®] es un atrayente alimenticio específico de hembras de *Ceratitis capitata* (mosca de la fruta o del Mediterráneo), compuesto por tres atrayentes en un mismo difusor de membrana especial de larga duración, que libera de forma estable los tres componentes durante 3 meses.*

...soluciones Econex.

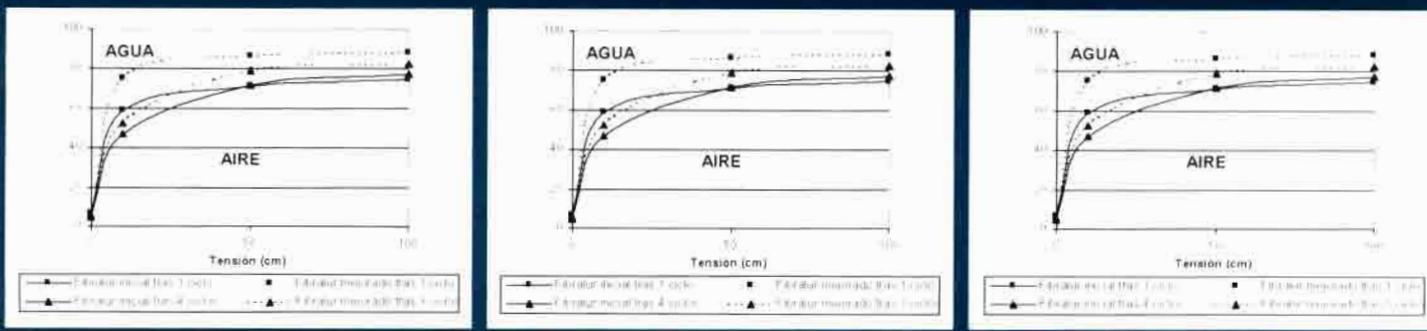
CERATITIS CAPITATA
(Mosca de la fruta)



Gestión Biológica de Plagas

FIGURA 1.

Evolución de las curvas de retención de agua de fibra de pino inicial y fibra de pino mejorado, perlita y fibra de coco con el uso en varios ciclos de cultivo (Muro et al., 2004).



Fase inicial del cultivo de tomate utilizando como sustrato de cultivo fibra de pino.

cuarto ciclo. A altas tensiones, actúa igual que la fibra de pino y que la fibra de coco.

En cuanto a la fibra de coco (figura 1), ofrece una menor aireación a tensiones de -0,1 m.c.a. que la perlita y la fibra de pino. Esto se hace más patente con el uso, ya que, al igual que en los otros sustratos, la degradación disminuye todavía más su capacidad de aireación.

Por tanto, se puede afirmar que la fibra de pino mejorada actúa satisfactoriamente ante el uso reiterado como medio de cultivo, siendo el sustrato con mayor aireación de todos los ensayos. Tanto la fibra de pino como la perlita incluso en el último ciclo mantienen una buena capacidad de aireación. La fibra de coco tiene menor capacidad de aireación que los dos anteriores y a la vez representa el sustrato que padece mayor degradación con el uso como medio de cultivo. ■

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la empresa Aralur por la financiación parcial y colaboración en este trabajo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de los ensayos nos llevan a comprobar que, aun siendo de naturaleza orgánica, la fibra de pino no muestra problemas en su uso reiterado, que es suficientemente estable para garantizar durante al menos cuatro ciclos de cultivo unas condiciones idóneas.

Los resultados de la evaluación agronómica y comparativa con otros sustratos (fibra de coco y perlita) demuestran que no existen diferencias estadísticamente significativas en la producción, calidad de fruto, consumo hídrico, ni en el vertido de iones contaminantes al medio ambiente en los drenajes. De manera que se puede afirmar que la fibra de pino puede ser utilizada como sustrato alternativo con los mismos rendimientos en producción y calidad que la perlita y fibra de coco. Así, la fibra de pino supone una alternativa con claras ventajas medioambientales frente a otros sustratos no biodegradables utilizados actualmente. ■

Bibliografía

Abad, M., Noguera, P., Burés, S. 2000. Inventario de sustratos y materiales adecuados para ser utilizados como sustratos o componentes de sustratos en España. *Actas de Horticultura* 32: 361-362

Ansorena, J. 1994. *Sustratos: Propiedades y caracterización*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Giambanco de Ena, H. 1997. Manejo poscosecha de melón. En: *Melones*. coord.. A. Namesny. pp.105-174. Eds. de Horticultura. Reus.

Muro, J., Irigoyen, I., Salazar, R. 2004. Estudio comparado de un sustrato de fibra de madera como sustrato de cultivos hidropónicos, en condiciones de clima atlántico. *Actas de Horticultura* (en prensa).

Salas, M.C., Urrestarazu, M., Moreno, J. y Elorrieta, M.A. 2000. Sustrato alternativo para su uso en cultivo sin suelo. *Phytoma* 123: 52-55

Segura, 1995. *Fisiología de la planta del tomate*, En *El cultivo del tomate*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Urrestarazu, M., Soler, J., Salas, M.C., Muro, J. 2004. Evaluación agronómica de la fibra de pino como sustrato para uso en horticolas. (en prensa).

Verdonck, O. 1983. Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. *Acta Horticulturae* 150: 467-473.