

ANEXO 1

Cultivo en Lana de roca en invernadero de polietileno

Por:

JUAN I. MONTERO CAMACHO
Caja Rural Provincial de Almería.

FRANCISCO BRETONES CASTILLO
Estación Experimental «Las Palmerillas»

NICOLÁS CASTILLA PRADOS.
Almería.

Se lleva a cabo un ensayo de cultivo de pepino holandés en lana de roca dentro de invernadero. Se dieron dos tratamientos (calefacción a 20°C en sustratos y cultivo sin calefacción), con cuatro repeticiones cada uno. El rendimiento medio del tratamiento con calefacción fue de 14,5 Kg/m² frente a 12,8 Kg/m² en el tratamiento sin calefacción. La producción total del mismo cultivo en suelo enarenado fue de 9,1 Kg. El consumo de agua en lana de roca fue del orden de 13 litros por Kg de producto.

► INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de la década de los setenta el cultivo sin suelo ha conocido una extensión creciente entre los agricultores de invernaderos de países desarrollados. En 1984 la superficie de cultivo sin suelo en Holanda superaba 1.500 hectáreas, mientras en Japón, segundo país bajo este concepto, llegaba a 500 Has. En la actualidad existe un número elevado de sistemas de cultivo sin suelo. El término hidropónico se aplica con rigor únicamente a aquellos sistemas que sólo utilizan agua y nutrientes como medio de cultivo, tales como el N.F.T., D.F.T. y sistemas aeropónicos (Vestergaard, 1984). Fuera de este grupo existen otros sustratos de cultivo, unos naturales como arena, grava o corteza de pino y otros sintéticos como lana de roca, poliestireno expandido y espuma de poliuretano.

Todos estos medios de cultivo buscan solucionar los problemas que en muchos casos trae el suelo consigo, fundamentalmente fitopatológicos, estructura inadecuada causante de encharcamientos o baja disponibilidad de agua entre riegos, composición química desfavorable. En Almería el cultivo en arena ha sido el soporte del desarrollo hortícola de la provincia. El éxito del enarenado es indiscutible. Sin embargo en suelos cultivados durante años, el control de enfermedades se hace cada vez más difícil y la desinfección química se muestra ineficaz (Cuadrado y Gómez, 1983).

Por este motivo se ha planteado la necesidad de experimentar un medio de cultivo inerte que sea adaptable al tipo de abrigos de Almería. Una técnica que puede reunir estas características es el cultivo en lana de roca.

PROPIEDADES DE LA LANA DE ROCA

El material de base es roca volcánica (ej.: Basalto). Este material es fundido a 1.600°C y convertido en lava que, dejada caer sobre rotores de gran velocidad y enfriada en corriente de aire llega a solidificarse en forma de fibras.

Las fibras pueden trabajarse, aditivarse, comprimirse y cortarse en cubos pequeños para semilleros o en planchas de dimensiones a voluntad para cultivos hortícolas u ornamentales.

Las propiedades de la lana de roca varían en función de las características de la roca base y del proceso de fabricación de las fibras y por consiguiente la calidad varía de una marca a otra. Las propiedades que se citan a continuación deben considerarse como representativas de una lana de roca de calidad (Donnan, 1984).

- Densidad media: 70 Kg/m³ cuando está seca.
- Porosidad: 97% volumen de poros y 3% de material fibroso.

- Esterilidad: Puesto que se fabrica a 1.600°C es absolutamente estéril. Se debe desinfectar con vapor o bromuro de metilo al reutilizarse para cultivos sucesivos.

- Solubilidad: Es insoluble en agua con nutrientes a pH entre 5 y 8.

Capacidad de intercambio catiónico: no absorbe ni intercambia iones con la solución. Cualquier solución puede eliminarse por lavados sucesivos.

- Relación agua/aire: El contenido en agua, y por tanto de aire, es función del grosor del material, el sistema de riego y del drenaje de la plancha de lana de roca. Una plancha de 75 mm envuelta en polietileno puede tener un 80% de agua y un 17% de aire, aumentando más el contenido de agua en la base del material.

ENSAYOS EN LANA DE ROCA BAJO ABRIGO DE POLIETILENO. MATERIALES Y MÉTODOS.

En la primavera de 1985 se comenzó la prueba de lana de roca en cultivo de pepino corto. De este ensayo, que fue sólo un primer contacto con el material, se comentan los datos más sobresalientes. Después de la primera experiencia se comenzó en otoño de 1985 un ensayo de pepino holandés, que se describe a continuación:

El invernadero del estudio fue de estructura de tubo galvanizado a dos aguas, con altura de 2,4 m y 59 m de longitud con el eje de la cumbre siguiendo la orientación. Este-Oeste. La ventilación, del tipo pasivo, se hizo por apertura y cierre de bandas laterales. Se cubrió la estructura con una lámina de P.E. térmico de 200 micras.

En el lado sur de dicho invernadero se instalaron líneas de cultivo de seis metros de longitud separadas un metro entre sí. Cada línea estuvo formada por seis planchas o tablas de 100 x 15 x 7,5 cms. Se dieron dos tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, más guardadas. La parcela elemental fue de 6,0 m², con 12 plantas cada una. Un tratamiento tuvo calefacción en el sustrato mediante resistencias eléctricas de Vitron de 23 vatios por metro lineal tendidas encima de una base de poliestireno sobre la que descansaron las planchas. Se hizo el riego de cada tratamiento mediante dos bombas centrífugas controladas por dos relojes programadores. Las bombas aspiraban la solución fertirri-gante de cuatro depósitos de 500 litros. El caudal aportado se midió por la variación del nivel de los depósitos. De las veinte líneas de cultivo, diez estu-

vieron sobre canaletas de fibrocemento que sirvieron como lisímetros de recogida del agua excedentaria (para evaluar consumos hídricos).

Se escogió la frecuencia y duración de los riegos de manera que el sustrato estuviera cercano a la saturación y que la conductividad eléctrica en la lana de roca fuera próxima a la C.E. del agua de riego. Para ello, se midió cada mañana la conductividad y el pH de la solución del sustrato con una jeringa hipodérmica.

Se cultivó pepino holandés cultivar Pepinex, en densidad de dos plantas por metro cuadrado. Se hizo la siembra el 24-9-85 en tacos de 4 cms de lado transplantados a otros tacos de 7,5 cms nueve días después.

El abonado persiguió mantener la concentración de elementos en la solución del sustrato, mostrada en el Cuadro A1-1.

Se mantuvo la concentración de microelementos próxima a los valores del Cuadro A1-2.

La conductividad de la solución de riego estuvo comprendida entre 2 y 2,5 mmhos/cm y el pH entre 5 y 6 con agua de riego de 0,7 mmhos/cm.

Con el objetivo de tener una referencia de comparación con la producción en lana de roca se sembró, dentro del mismo invernadero y en la misma fecha, pepino holandés en suelo enarenado con idéntica densidad de plantación.

Cuadro A1.1:
Concentración de elementos en una solución de sustrato.

<i>mMol/l</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>S</i>	<i>Na</i>	<i>Cl</i>
Mínimo	15	0,75	6	1,5	5	2	1	1
Máximo	24	2,25	10	4,5	8	4,5	6	6

Cuadro A1.2:
Concentración de microelementos.

	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>B</i>	<i>C \</i>	<i>Mo</i>
Mol/l	15	10	5	25	0,75	0,5

RESULTADOS.

Consumo de agua.

El consumo de agua neto hasta el 3-2-86 en la lana de roca fue de 174 mm con muy ligeras diferencias entre ambos tratamientos. Durante este período, la evaporación en tanque de la clase A dentro de invernadero fue 163,5 mm. El Cuadro A1-3 muestra los coeficientes de cultivo K obtenidos por el cociente del consumo neto por la evaporación en tanque.

Se escogió la dosis de riego de modo que la conductividad de la solución nutritiva aportada fuera similar a la de la lana de roca. Con este criterio se mantuvo la conductividad en la zona radicular por

Cuadro A1.3:
Consumo de agua del cultivo de pepino en lana de roca

<i>Período</i>	<i>Días desde plantación</i>	<i>Evaporación Eo (mm)</i>	<i>K</i>	<i>Consumo neto (mm)</i>	<i>Consumo período (mm)</i>
22/10 al 28/10	28 a 35	2,33	0,48	1,12	7,8
29/10 al 11/11	36 a 49	1,75	0,9	1,58	22,1
12/11 al 25/11	50 a 63	1,33	0,99	1,32	18,4
26/11 al 9/12	64 a 77	1,18	1,35	1,59	22,3
10/12 al 23/12	78 a 91	1,07	1,12	1,20	16,8
24/12 al 7/1	92 a 105	1,08	1,30	1,40	19,7
8/1 al 21/1	106 a 119	1,40	1,31	1,83	25,7
22/1 al 3/2	120 a 133	1,47	1,29	1,90	26,6

Cuadro A1.4:
Temperaturas en lana de roca y aire del invernadero 29-5 a 3-6-85

1985	Fecha	29-5	30-5	31-5	1-6	2-6	3-6
T. Máx.	Aire	37	37,5	35,5	33	31,5	32
	Lana de roca	30	32	29	26	26,5	27
T. Mín.	Aire	19	21,5	20	21	20	18
	Lana de roca	22	24	23	23	22,5	21

Cuadro A1.5:
Temperaturas en lana de roca sin calefacción y aire del invernadero 27-1 a 1-2-86

1986	Fecha	27-1	28-1	29-1	30-1	31-1	1-2
T. Máx.	Aire	23	21	23	17,5	24	25,5
	Lana de roca	15,5	14	15,5	15	16	16
T. Mín.	Aire	7,5	8	7	10	4	4
	Lana de roca	11,0	11,5	11	13	9	9,5

Cuadro A1.6:
Producciones de los dos tratamientos de ensayo

Tratam.	Prod. tot. Kgr/m ²	1ª Calidad		1ª y 2ª cal.		3ª y destrío	
		Kg/m ²	% del total	Kg/m ²	% del total	Kg/m ²	% del total
Produc. calefac.	14,50 a	4,83 A	33	12,44 a	86	2,04 A	14
Final no calef.	12,84 b	3,88 B	30	10,65 b	83	2,19 B	17

debajo de 3 mmhos/cm. Sin embargo, regando de esta manera es frecuente lixiviar volúmenes elevados de agua y nutrientes. Con el cultivo en lana de roca es imprescindible aportar un volumen mínimo de lixivios que es necesario aportar para controlar la CE. Se dispone de datos puntuales que indican que cuando el cociente de agua aportada/agua consumida baja de 1,2 la conductividad tiende a subir. A falta de mejores datos pensamos que dicho cociente práctico debe ser 1,3 ó 1,4.

Si se comparan los coeficientes K del Cuadro A1-3 con los obtenidos para este mismo cultivo en suelo enarenado (Castilla y cols. 1986) puede observarse que en el período de máximo consumo K es superior en cultivo de lana de roca, lo que puede explicarse por el efecto-advectivo del resto del invernadero sobre la parcela experimental que debido a su tamaño, 20 x 6 mts, y tuvo mucha superficie de intercambio con el medio exterior.

Temperatura.

El Cuadro A1-4 refleja las temperaturas máximas y mínimas medidas entre el 29 de mayo y el 3 de junio de 1985

La oscilación de la temperatura en la lana de roca fue muy inferior a la oscilación de la temperatura ambiente. Las máximas de la temperatura de aire superan al menos en 5°C a las máximas en la lana. Las mínimas son en cambio más similares. La razón de las diferencias térmicas estriba en el calor específico de la lana saturada de agua que actúa como amortiguador de los cambios de temperatura.

En invierno también queda patente el efecto de la inercia térmica en la variación de temperaturas (Cuadro A1-5). Las temperaturas mínimas fueron siempre superiores en la lana de roca.

Producciones.

El Cuadro Al-6 refleja la producción final (desde el 11-11 hasta el 2-2-86) de los dos tratamientos.

La calefacción ha mejorado el rendimiento total y muy especialmente la producción de 1ª y 2ª calidad. El aporte de calor a lo largo de toda la campaña ha sido de 11,2 Kwh/metro lineal lo que equivale a 1,4 litros de gas-oil/metro suponiendo un rendimiento de combustión del 80%. Como en cultivos anteriores en suelo enarenado (Castilla, 1983, Montero 1986) la calefacción ha mostrado ser positiva para el cultivo, pero ante la inestabilidad de los precios la inversión es arriesgada.

Aunque la comparación sólo cabe a título orientativo, en suelo enarenado la producción comenzó el 18 de noviembre, esto es, siete días más tarde que en la parcela de lana de roca. La producción precoz (hasta el 2-12) fue de 2,2 Kgr/m² de los cuales correspondieron 2,26 a 1ª calidad, 4,84 a 2ª y 2,0 kgr/m² a tercera y destrío. Se ha visto un incremento claro de precocidad, producción y calidad en el cultivo en sustrato, respecto al cultivo enarenado.

Discusión.

Después de esta primera experiencia el cultivo en lana de roca ha mostrado ser una técnica muy interesante capaz de mejorar la calidad y la producción del pepino holandés bajo abrigo. Por sus características de nula capacidad de intercambio catiónico es fácil lavar las sales o eliminar cualquier otra sustancia indeseable y de esta manera se puede controlar con precisión el nivel de nutrientes de agua en el medio o de desarrollo radicular. Se ha comprobado también que la desinfección con vapor es una operación sencilla y presumiblemente los patógenos de un cultivo no deben transmitirse al cultivo siguiente.

Como inconvenientes, aparte del costo de instalación factor que no entramos a discutir aquí, se pueden señalar dos:

1)-. En días de gran demanda evaporativa un fallo en el sistema de riego puede causar daños graves en el cultivo. Así, en el mes de junio del 85, en la prueba previa de pepino corto que se ha citado anteriormente se cortó intencionadamente el riego para ver la capacidad de recuperación de las plantas. Después de dos días sin riego con evaporación de 6 mm las plantas no pudieron recuperarse. Un día sin riego no las dañó de manera irreversible. Por consiguiente es fundamental comprobar el funcionamiento de la instalación a diario.

2)-. Para controlar la conductividad eléctrica dentro del rango óptimo, el volumen de lixiviados tiene que ser cuantioso, al menos el 30% del consumo neto. Este es un factor importante a considerar



Pepino en lana de roca.

en zonas de escasos recursos hídricos, aunque cabe esperar respecto al cultivo convencional una buena eficiencia del uso del agua (en el ensayo fue del orden de 13 l de agua aplicada/kg de fruto cosechado). Es preciso determinar cuál es el mínimo volumen de lavado.

Queda aún mucho trabajo por hacer dentro de esta línea experimental. El informe de cultivo sin suelo publicado por la Revista Horticultura en Enero-1993 señala, que en las aguas de Almería, los cultivos hidropónicos en esta región utilizando las aguas disponibles permiten en línea de progreso continuada de esta técnica en las condiciones del sureste español. Por ejemplo, comprobar si el sistema es utilizable con agua de alta conductividad eléctrica, pues de lo contrario su expansión se va a ver, muy restringida en provincias como Almería. También deben estudiarse la formulación de la solución nutritiva, adaptación de cultivos nuevos a este sistema (ej.: sandía). Los resultados primeros son muy halagüeños y pensamos que esta técnica puede ayudar a resolver algunos de los problemas que nuestra horticultura arrastra desde hace muchos años.

REFERENCIAS

- Castilla Prados, N., J. I. Montero, F. Bretones, J. López, M. Jiménez, A. Sevilla. La calefacción del suelo en los invernaderos de Almería con energía solar y convencional. I Congreso Nacional de la Sociedad de Ciencias Hortícolas. Valencia, del 28-11 al 1-12-83.

- Castilla Prados, N., J. T. Montero, F. Bretones, M. Jiménez, E. Gutiérrez de Ravé, A. Martínez, E. Fereres. 1986. Necesidades de riego en los invernaderos de Almería. II Simposio sobre el Agua de Andalucía. Granada. Marzo, 1986.

- Cuadrado Gómez, I. M., Gómez, J. M. 1983. Observa-

ciones sobre el estado sanitario de los cultivos hortícolas en Almería. Boletín Informativo n° 5. Estación de Investigación sobre cultivos hortícolas intensivos. Félix (Almería).

- Dormán R.S., a G. Biggs, 1984. Horticultural rock-wool. Australian experiences. ISOSC proceedings Lunteren. 1984.

- Montero, J. I. , F. Bretones, N. Castilla. 1986. Ensayos de calefacción por suelo radiante en invernadero en Almería. II Congreso Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Córdoba 21-25. Abril, 1986.

- Vestergaard B. 1984. Oxygen supply to the roots in different hydroponic systems. ISOSC proceedings. 1984.