



PRINCIPADO DE ASTURIAS

CONSEJERIA DE MEDIO RURAL
Y PESCA

***CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE
SOBRE ESTÉRILES DEL CARBÓN***

**SERIE
TÉCNICA
Nº. 5 / 94**

Instituto de Experimentación
y Promoción Agraria.

CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE SOBRE ESTÉRILES DEL CARBÓN

AUTORES:

GUILLERMO GARCÍA, IÓN ZABAleta, JOSÉ GONZÁLEZ ⁽¹⁾

NIEVES ALONSO, ALFREDO POLO ⁽²⁾

MIGUEL ANGEL FUEYO, JÉSUS ALVAREZ ⁽³⁾

CARLOS CADAHÍA ⁽⁴⁾

**SERIE
TÉCNICA
Nº. 5 / 94**

⁽¹⁾Hulleras del Norte S.A. (HUNOSA)

⁽²⁾Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Centro de Ciencias Medioambientales.

⁽³⁾Instituto de Experimentación y Promoción Agraria (IEPA)

⁽⁴⁾Universalidad Autónoma de Madrid. Departamento de Química Agrícola.

*Edita: Consejería de Medio Rural y Pesca del Principado de Asturias
Instituto de Experimentación y Promoción Agraria.*

CULTIVO HIDROPÓNICO DE TOMATE SOBRE ESTÉRILES DEL CARBÓN

Guillermo García, Ión Zabaleta, José González ⁽¹⁾; Nieves Alonso, Alfredo Polo ⁽²⁾; Miguel Angel Fueyo, Jesús Alvarez ⁽³⁾; Carlos Cadahía ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ *Hulleras del Norte S.A. (HUNOSA)*

⁽²⁾ *Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Centro de Ciencias Medioambientales.*

⁽³⁾ *Instituto de Experimentación y Promoción Agraria (IEPA). Programa de Hortofloricultura.*

⁽⁴⁾ *Universidad Autónoma de Madrid. Departamento de Química Agrícola.*

RESUMEN

Se seleccionaron las siguientes mezclas de estériles del carbón procedentes de diversas escombreras y lavaderos de la cuenca central asturiana: 1, Candín 40% + Modesta 45% + turba de Cantabria: 15%; 2, Reicastro (0-4 mm) 35% + Reicastro (4-8 mm) 65%; 3, Morgao (0-4 mm) 25% + Morgao (4-8 mm) 75%; 4, Reicastro (0-4 mm) 100%. Estas mezclas cumplían los siguientes criterios: procedencia común, aplicación de porcentaje máximo de estériles en la mezcla, capacidad de aire $\geq 20\%$, A.F.D. $\geq 6\%$, porosidad $\geq 45\%$, D.A. ≤ 51.5 mg/cc.

En 1993 se ensayaron 4 frecuencias de riego según distintas proporciones de agotamiento de A.F.D. (25%, 33%, 50%, 66%). El año 1994 se ensayaron las frecuencias de riego de 25% y 33% de agotamiento de A.F.D. y dos volúmenes de sustrato (5 y 10 litros/planta).

Los sustratos no mostraron diferencias de producción entre ellos alcanzando producciones en torno a 19 kg/m² el año 1993 y de 16,5 kg/m² el año 1994. Las producciones precoces fueron cercanas a 8,7 kg/m² en 1993 y de 5 kg/m² en 1994. Las frecuencias de riego más cortas (agotamiento de 25% y 33% de A.F.D.) alcanzaron producciones superiores a los 18,8 kg/m² en 1993, la producción precoz fue superior a 9 kg/m². En el año 1994 se observó una interacción clara entre la frecuencia de riego y el volumen de sustrato correspondiente a cada planta. En el caso de frecuencia corta (25% de A.F.D.) se obtuvieron producciones totales superiores a 17 kg/m², con frecuencia más larga (33%) la producción dependió del volumen de sustrato (15 kg/m² con 5 l/planta y 17 kg/m² con 10 l/planta).

INTRODUCCION

Los estériles de carbón son materiales con posibilidades de diferentes utilizaciones en agricultura, por ejemplo como sustratos de cultivos sin suelo. Es necesario, sin embargo, determinar las condiciones de uso de estos materiales y desarrollar la tecnología necesaria para su uso en cultivos sin suelo (García, 1992). Para ello se ha desarrollado un proyecto de investigación entre la empresa HUNOSA, Consejería de Medio Rural y Pesca y el Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC), financiado conjuntamente con OCICARBON, cuyos ensayos se realizan en el Instituto de Experimentación y Promoción Agraria de Villaviciosa desde 1993.

El cultivo sin suelo ha sido la innovación tecnológica más importante acaecida en la horticultura española en la última década. Actualmente en franca expansión demanda, entre otras cosas, la presencia de materiales que puedan ser utilizados como sustratos que cumpliendo una serie de características físicas y físico-químicas presenten una gran homogeneidad, amplia disponibilidad y un precio más

asequible que el de muchos materiales actualmente en el mercado (Abad, 1993). Los estériles de carbón cumplen la mayor parte de las características deseables para un sustrato mineral de origen natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante la aplicación de la programación lineal para la formulación de sustratos (Burés, 1988) se seleccionaron cuatro mezclas a base de estériles de carbón que cumplieran las siguientes características: procedencia común (de la misma escombrera o de lavaderos cercanos), tamaños de grano seleccionados, porcentaje máximo de aplicación de estériles en la mezcla, capacidad de aire $\geq 20\%$, agua fácilmente disponible $\geq 6\%$, porosidad $\geq 45\%$, densidad aparente ≤ 51.5 mg/cc.

Los cuatro sustratos seleccionados mediante la aplicación de la programación lineal fueron:

- 1.- Lavadero Candín (< 4 mm): 40% + Lavadero Modesta (4-8 mm): 45% + turba de Cantabria: 15%.
- 2.- Reicastro rojo fino (< 4 mm): 35% + Reicastro rojo grueso (4-8 mm): 65%.
- 3.- Escombrera Morgao fino (< 4 mm): 25% + Escombrera Morgao grueso (4-8 mm): 75%.
- 4.- Reicastro rojo fino (< 4 mm): 100%.

Las pruebas se desarrollaron en un invernadero tipo bitúnel de pie recto, con cubierta de PVC y ventilación de tipo cenital automatizada. También se dispuso de un generador de calefacción con una potencia de 83.000 kcal/h con distribución de aire caliente mediante sistema de tubos de P.E.

Se seleccionaron cuatro frecuencias de riego para determinar el método de aporte de agua más adecuado para el cultivo sobre estériles en función del porcentaje de agotamiento del agua fácilmente disponible de los sustratos. Se probaron frecuencias de riego con agotamiento de 25%, 33%, 50% y 66% de A.F.D..

La fertilización se aplicó sin interrupción durante el cultivo, se utilizó una solución nutritiva a partir de abonos solubles con la siguiente composición:

NO_3^-	12 meq/l
$H_2PO_4^-$	1,5 meq/l
K^+	9 meq/l
Ca^{++}	9 meq/l
Mg^{++}	3 meq/l
Microelementos	

Se mantuvo un nivel de C.E. en sustrato de 2,8 mS/cm y un pH de 5,5.

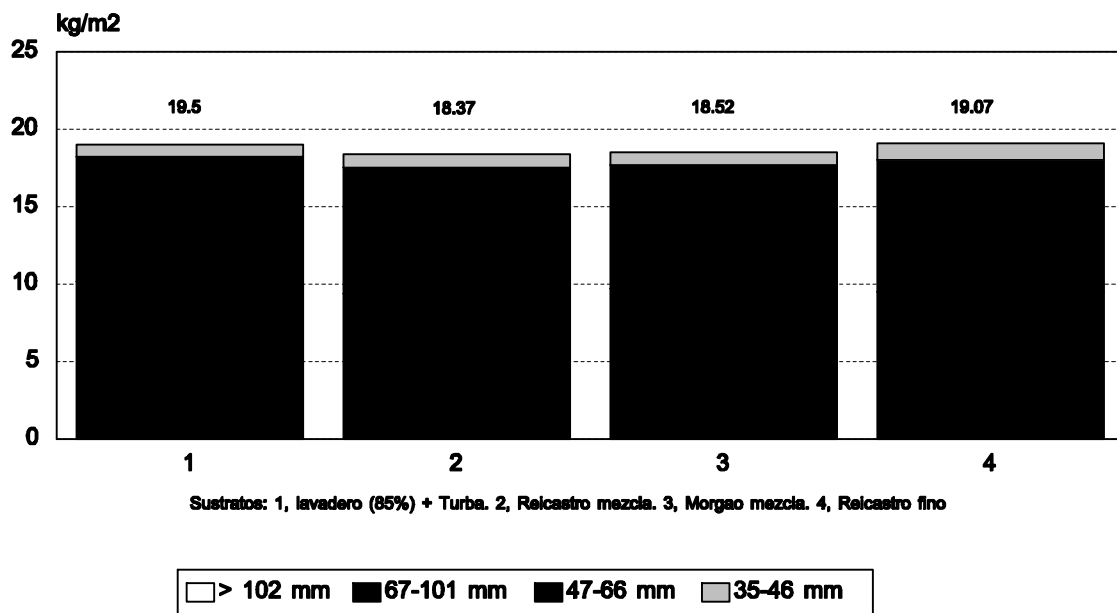
En el año 1994, como consecuencia de los resultados de 1993, se decidió mantener solamente las frecuencias de riego más productivas (I y II) y estudiar el comportamiento productivo de dos volúmenes de sustrato (5 y 10 litros) por unidad de planta cultivada. Se mantuvieron los mismos sustratos que el año 1993 para seguir estudiando su comportamiento productivo a lo largo de varias temporadas de cultivo.

El cultivo se dispuso en líneas pareadas con ocho líneas dobles de cultivo, la anchura del pasillo fue de 1,2 m y entre líneas fue de 0,6 m. La distancia entre plantas fue de 0,4 m y la densidad final de 2,77 plantas/m². El año 1993 se realizó el ensayo con la variedad de tomate "Mazarrón", en 1994 se utilizó la variedad "Daniela". (Fueyo, 1992)

El estudio estadístico de los resultados se realizó mediante el análisis multivariable de la varianza (prueba Lambda de Wilks). Cuando se observaron diferencias estadísticas en esta prueba se procedió a realizar la prueba de rango múltiple de DUNCAN con vistas a discernir los tratamientos con diferencias entre sí. Para la realización del análisis estadístico se utilizó el programa informático SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSION

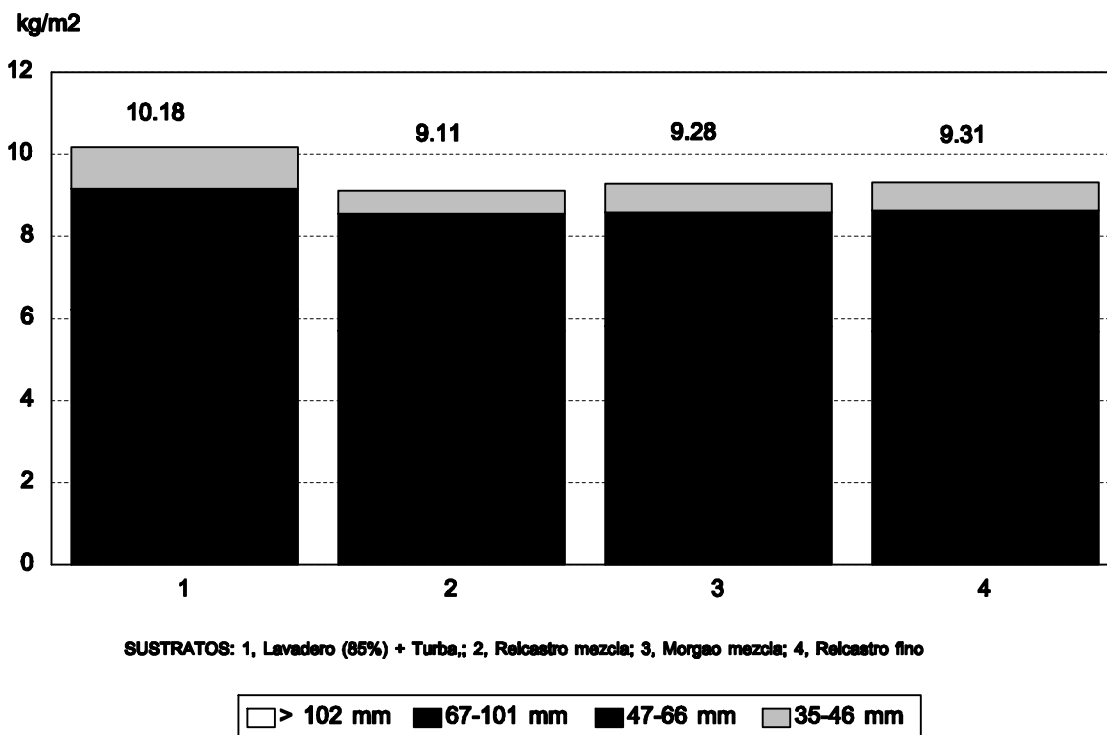
En el 1993 la producción total de los sustratos ensayados (Figura 1) no mostró diferencias entre ellos. La producción más alta correspondió al sustrato 1 (19,50 kg/m²) y la menor correspondió al sustrato 2 (18,36 kg/m²). Tampoco en los diferentes calibres estudiados se observaron diferencias. Respecto a la producción precoz, que se considera hasta el 15 de julio, tampoco se observaron diferencias entre los sustratos ensayados (Figura 2). La mayor producción total correspondió al sustrato 1 (10,18 kg/m²) y la menor al sustrato 2 (9,11 kg/m²). Esta ausencia de diferencias se corresponde con la homogeneidad en sus características físicas, fruto del proceso de selección previa realizado mediante la aplicación de la programación lineal para la mezcla de los materiales de partida.



Las frecuencias de riego ensayadas (Tabla I) mostraron diferencias estadísticas significativas tanto respecto a la producción total como en los diferentes calibres considerados. La producción de tomate de calibre superior a 102 mm fue escasa en todos los casos. No se observan diferencias en el calibre de 67 mm a 101 mm aunque hay que reseñar que la producción más alta se presentó en la frecuencia de riego II que supera especialmente a las frecuencias I y III. La producción de tomate de calibre entre 47 mm y 66 mm presentó importantes diferencias según la frecuencia de riego ensayada. Así la frecuencia II presentó una producción (9,03 kg/m²) estadísticamente superior ($p < 0,01$) a la frecuencia IV (7,79 kg/m²) y, aunque con un grado de significación menor, a la frecuencia III (8,26 kg/m²). La producción de tomate de calibre entre 35 mm y 46 mm también presentó algunas diferencias estadísticas, con mayor producción en la frecuencia I (0,78 kg/m²) respecto a la IV (0,57 kg/m²) aunque la producción de tomate de este calibre no representa una parte importante respecto a las anteriores. La producción total muestra diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre la frecuencia de riego II (19,87 kg/m²) y las frecuencias III y IV (18,38 kg/m²), no así con la frecuencia I (18,82 kg/m²).

Tabla 1.- Producción de tomate (kg/m²). Año 1993. Análisis estadístico de frecuencias

FRECUENCIA	> 102 mm		67-101 mm		47-66 mm		35-46 mm		TOTAL	
I	0,07	ABa	9,34	Aa	8,64	ABa	0,78	Aa	18,82	ABa
II	0,06	ABa	10,10	Aa	9,03	Aa	0,68	ABa	19,87	Aa
III	0,10	Aa	9,38	Aa	8,26	BCab	0,65	ABa	18,38	Ba
IV	0,04	Ba	9,98	Aa	7,79	Cb	0,57	Ba	18,38	Ba



El comportamiento de las diferentes frecuencias ensayadas respecto a la producción precoz (Tabla 2) fue similar en casi todos los calibres, no habiéndose encontrado diferencias significativas salvo en el caso del calibre entre 47 y 66 mm en los que las frecuencias I y II con producciones superiores a los 3 kg/m² superan ($p < 0,05$) a la obtenida por las frecuencias III y IV con producciones menores a 2,8 kg/m². De todas maneras estas diferencias no se reflejan en la producción total donde la producción precoz osciló para las diferentes frecuencias de riego entre 8,43 y 9,18 kg/m², respectivamente.

Tabla 2.- Producción precoz (hasta el 15 de julio) de tomate (kg/m²). Año 1993. Análisis estadístico de frecuencias de riego.

FRECUENCIA	> 102 mm		67-101 mm		47-66 mm		35-46 mm		TOTAL	
I	0,07	Aa	5,79	Aa	3,06	Aa	0,09	Aa	9,01	Aa
II	0,06	Aa	6,01	Aa	3,05	Aa	0,07	Aa	9,18	Aa
III	0,10	Aa	5,49	Aa	2,77	Ba	0,08	Aa	8,43	Aa
IV	0,04	Aa	5,76	Aa	2,67	Ba	0,07	Aa	8,54	Aa

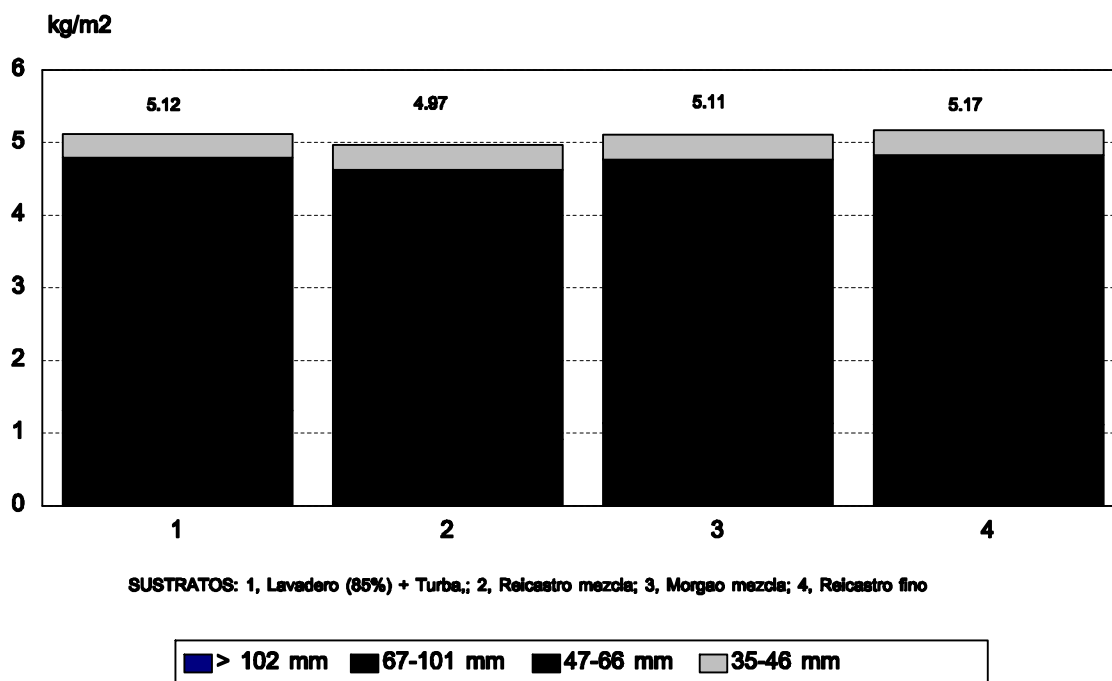
El año 1994 los sustratos no presentaron apenas diferencias estadísticamente significativas entre ellos (Tabla 3), únicamente en la producción de calibre entre 67-101 mm el sustrato 1 presentó una producción (2,57 kg/m²) superior ($p < 0,05$) al del sustrato 2 (1,83 kg/m²). Estas diferencias no se reflejaron en la producción total manteniendo los estériles el mismo comportamiento homogéneo observado el año 1993 y que se corresponde con la homogeneidad en sus características físicas. La producción precoz de los sustratos ensayados (Tabla 4, Figura 3) presentó las mismas características que en la producción total. Las diferencias ($p < 0,05$) que se presentan en el calibre 67-101 mm entre los sustratos 1 (1,31 kg/m²) y 2 (0,91 kg/m²) no se reflejan finalmente en la producción precoz total que presenta producciones entre 4,97 kg/m² y 5,17 kg/m².

Tabla 3.- Producción de tomate (kg/m²). Año 1994. Análisis estadístico de sustratos.

FRECUENCIA	67-101 mm		47-66 mm		35-46 mm		TOTAL	
1	2,57	Aa	13,05	Aa	1,26	Aa	16,88	Aa
2	1,93	Ba	12,87	Aa	1,29	Aa	15,99	Aa
3	2,29	ABa	13,51	Aa	1,41	Aa	17,21	Aa
4	2,00	ABa	13,00	Aa	1,29	Aa	16,29	Aa

Tabla 4.- Producción precoz (hasta el 15 de julio) de tomate (kg/m²). Año 1994. Análisis estadístico de sustratos.

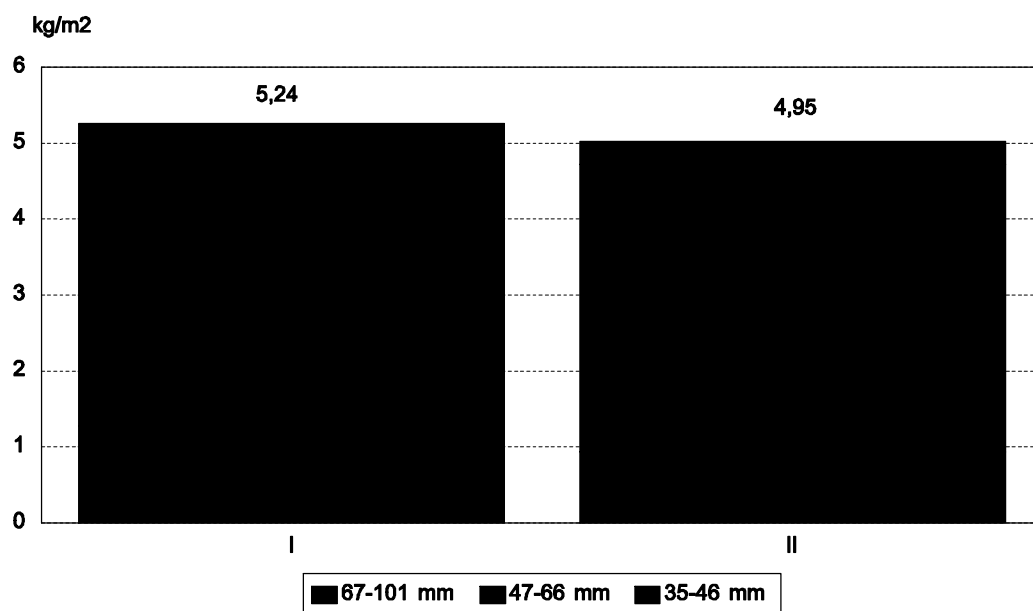
FRECUENCIA	67-101 mm		47-66 mm		35-46 mm		TOTAL	
1	1,31	Aa	3,48	Aa	0,33	Aa	5,12	Aa
2	0,91	Bb	3,72	Aa	0,34	Aa	4,97	Aa
3	1,14	ABab	3,63	Aa	0,34	Aa	5,11	Aa
4	1,12	ABab	3,71	Aa	0,34	Aa	5,17	Aa



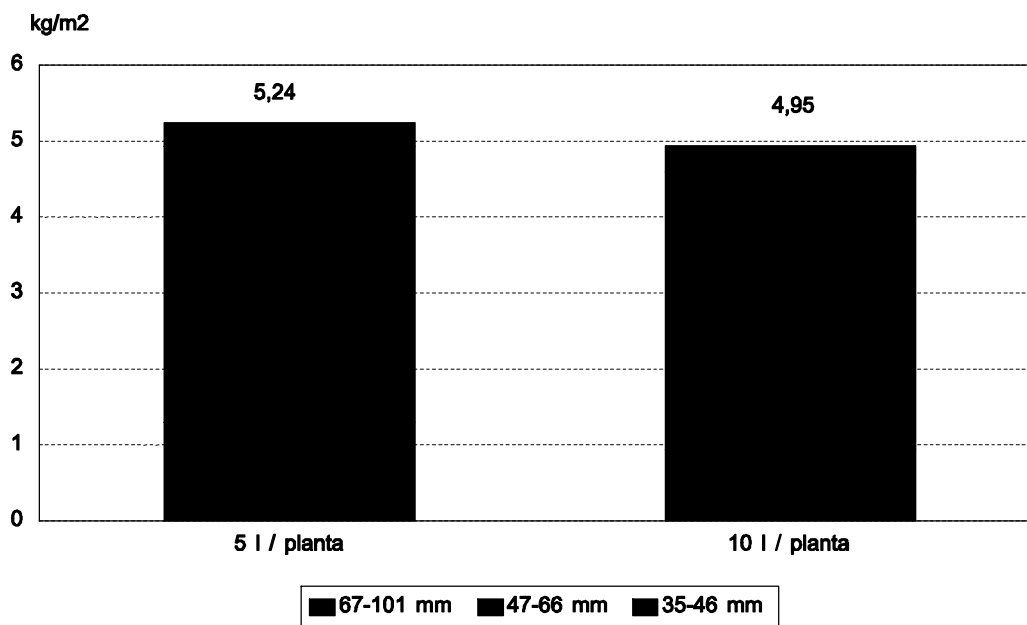
En cuanto a la producción total final de las frecuencias de riego y volúmenes de sustrato por planta ensayados se observa una interacción muy clara (Tabla 5), de forma que se obtienen mejores resultados de producción de tomate cuando se utilizan bien un volumen de 10 l/planta (17 kg/m²) o bien la mayor frecuencia de riego (agotamiento del 25 % de A.F.D.) con producciones superiores a 17 kg/m². En el caso de utilización de volumen de sustrato de 5 l/planta la producción se resintió con la frecuencia de riego mayor (agotamiento de 33% de A.F.D.) dando un total de 14,99 Kg/m². Esta interacción no se detectó, sin embargo, en la producción precoz (Figuras 4 y 5).

Tabla 5.- Producción de tomate (kg/m²). Año 1994. Efecto de las interacciones frecuencia-volumen.

Volumen	Frecuencia I		Frecuencia II		Frecuencia I		Volumen: 5 l / planta		Volumen: 10 l / planta	
5 l / planta	0,07	Aa	9,34	Aa	8,64	ABa	0,78	Aa	18,82	ABa
10 l / planta	0,06	Aa	10,10	Aa	9,03	Aa	0,68	ABa	19,87	Aa



FRECUENCIAS: I, 25% DE LA A.F.D.; II, 33% DE LA A.F.D.



VOLUMENES DE SUSTRATO: 5 l / PLANTA y 10 l / PLANTA

Figura 5.- Producción precoz de tomate (kg/m²). Año 1994

La producción total de tomate en 1994 fue de 16-17 kg/m² ligeramente inferior a la obtenida en 1993. Esta disminución fue debida a la escasa radiación solar recogida durante el período productivo en Asturias, especialmente durante los meses de verano con el menor número de horas de sol en los últimos 30 años.

Un tercer año de cultivo permitirá corroborar los aspectos técnicos de cultivo de tomate sobre estériles de carbón y conocer el grado de mantenimiento de las características físicas y químicas de estos sustratos.

CONCLUSIONES

Los sustratos compuestos por estériles de carbón de forma total o mayoritaria (> 85% del volumen) se han mostrado perfectamente aptos para la realización de cultivo hidropónico de tomate, comportándose todos ellos de manera muy similar dada la uniformidad de sus características físicas, con producciones entre 16 y 19,5 kg/m² dependiendo de las condiciones climáticas del año de cultivo.

Por otra parte, las diferentes frecuencias de riego ensayadas demuestran la posibilidad de obtener producciones superiores a 18 kg/m² dentro de un rango de frecuencias de riego con porcentajes de agotamiento del A.F.D. del orden del 25% al 33%.

También se observó que volúmenes de 5 litros de sustrato por unidad de planta necesitan frecuencias de riego mayores, agotamiento de 25% de A. F. D., para que las producciones de tomate no se vean afectadas.

En el futuro se seguirá estudiando la evolución de la capacidad productiva de los sustratos compuestos por estériles del carbón con más ciclos de cultivo y la interacción entre frecuencias de riego y volúmenes de sustrato por unidad de planta.

BIBLIOGRAFÍA

ABAD, M. Inventario y características. cultivos sin suelo, 47-66. Ed. F. Cánovas Mtez. & J.R. Díaz Alvarez

GARCÍA, G.; FUEYO, M.A.; GONZÁLEZ CAÑIBANO, J.; ZABALETA, I. (1992). Los estériles de carbón como sustratos de cultivo hidropónico. Actas de Horticultura de la S.E.C.H. 11, 161-166.

FUEYO, M.A.; BARANDA, A.; ARRIETA, A. (1992). Comportamiento de variedades de tomate en cultivo de ciclo largo en invernadero. Informe Técnico nº. 6/92. Consejería de Agricultura y Pesca. Principado de Asturias.



PRINCIPADO DE ASTURIAS

CONSEJERIA DE MEDIO RURAL
Y PESCA

Instituto de Experimentación y Promoción Agraria

Programa de Difusión y Transferencia de Tecnología Agraria

Aptdo. 13 – 33300 Villaviciosa – Asturias (España)

Telf. 985890066 – Fax: 985891854

Email: seridavilla@serida.org