

Evaluación agronómica y productiva de diferentes soluciones nutritivas, en cultivo sin suelo, berenjena en ciclo de primavera y otoño

C. Baixauli¹, J.M. Aguilar¹, A. Giner¹, A. Núñez¹ y F. Pomares²

¹ Fundación Ruralcaja Valencia. Cno. del Cementerio nuevo s/n. 46200 Paiporta (Valencia).

² IVIA. Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible. Apdo. Oficial 46113. Moncada (Valencia).

Palabras clave: fibra de coco, enmienda orgánica líquida, concentración iones, conductividad eléctrica, potencial osmótico, absorción nutrientes, consumo solución nutritiva.

Resumen

Las experiencias se desarrollaron en un túnel grande con cubierta de polietileno térmico, bajo sistema de cultivo sin suelo, utilizando fibra de coco como sustrato. Se comparó la respuesta de la berenjena (*Solanum melongena*) a 3 soluciones nutritivas con niveles crecientes de nitratos, fosfatos, amonio, potasio, calcio y magnesio. La dosis media se utilizó para formular una 4ª solución nutritiva, a la que se le añadió una enmienda orgánica húmica líquida. Para el estudio se utilizó berenjena del tipo intermedio cv. Cristal, en dos ciclos de cultivo distintos: primavera y otoño.

Aunque en otoño se produjo una helada, acaecida en el mes de noviembre, los resultados productivos siguieron la pauta de los obtenidos en el ciclo de primavera. La menor producción precoz y final se obtuvo con la concentración de iones más baja. En el ciclo de primavera y otoño la dosis baja dio lugar a frutos de un menor calibre, aunque en este último ciclo no se detectaron diferencias significativas a nivel estadístico. El crecimiento de la planta también fue menor en ambos ciclos, para la concentración menor. No hubo diferencias en rendimiento, peso medio, ni desarrollo de la planta, entre la dosis más enriquecida y la intermedia, para ninguno de los ciclos estudiados. No se apreciaron diferencias entre la dosis intermedia y la adición de enmienda orgánica líquida, en producción, desarrollo de la planta ni en peso medio de los frutos en ninguno de los ciclos estudiados, y únicamente se apreció una mayor susceptibilidad a la helada, en la parcela a la que se le adicionó la enmienda orgánica líquida.

Se midió el consumo de solución nutritiva, siendo el menor en ambos ciclos el correspondiente a la dosis D3, aunque la mayor eficiencia de riego se obtuvo en el ciclo de primavera con la dosis D1.

INTRODUCCIÓN

Para cultivo de hortalizas en invernadero, es interesante analizar el comportamiento agronómico y productivo de diferentes soluciones nutritivas. Una conductividad eléctrica elevada puede dar lugar a un incremento del potencial osmótico afectando al desarrollo y productividad del cultivo al disminuir la absorción de nutrientes y agua. En ese sentido, se han realizando diferentes trabajos como el desarrollado en el IRTA por el Departamento de Tecnología Hortícola con cultivo de tomate en ciclo de primavera, en invernadero, utilizando perlita como sustrato en el que compararon 3 niveles de NO_3^- : 7, 9 y 11 mmol/L respectivamente, no detectando reducciones de rendimiento, calidad, ni diferencias en el contenido de macro y micronutrientes en hojas ni en frutos. (Muñoz et al., 2006).

En un estudio desarrollado en Cifacita (Alarcón et al., 2003) utilizando materia orgánica líquida (m.o.), dosificada en una aplicación semanal a razón de 2,5 g/m² y 5 g/m², sobre perlita y fibra de coco, se pudo apreciar un incremento en la densidad radicular con la

aplicación de la materia orgánica, sobre todo en el volumen de raíces finas. La respuesta fue mayor sobre el sustrato de fibra de coco que en perlita. La aplicación de m.o. dio lugar a una mayor producción comercial que con el testigo.

En este trabajo se analizó el comportamiento agronómico y productivo de 3 soluciones nutritivas, y una enmienda orgánica líquida, en un sistema de cultivo sin suelo, con un cultivo de berenjena (*Solanum melongena* L.), en ciclo de primavera y otoño.

MATERIAL Y MÉTODOS.

La experiencia se desarrolló en el Centro de Fundación Ruralcaja, ubicado en el término municipal de Paiporta (Valencia), bajo un invernadero multitúnel frío de una superficie de 1.000 m², con cubierta de polietileno térmico de 800 galgas. El sustrato utilizado en el sistema de cultivo sin suelo fue fibra de coco: 60% de viruta y 40% de chips (trozos de fibras largas), de 2º y 3º año, correspondiente al 6º y 7º cultivo hortícola respectivamente. El sustrato se dispuso en el interior de un contenedor de polipropileno, utilizando un volumen equivalente a 86 m³/ha.

Se estudiaron 3 soluciones nutritivas, partiendo de una solución base de posible utilización en cultivo de berenjena (D2), sobre la que se modificaron las concentraciones de nitrógeno, potasio, fósforo, amonio, calcio y magnesio. El resto de iones se dosificaron en las mismas concentraciones para las diferentes soluciones:

D1: 15,75 mmol/L NO₃⁻; 1,75 mmol/L H₂PO₄⁻; 1,6 mmol/L NH₄⁺; 9,1 mmol/L K⁺; 4,5 mmol/L Ca²⁺; 2,5 mmol/L Mg²⁺

D2: 9,5 mmol/L NO₃⁻; 1,25 mmol/L H₂PO₄⁻; 1,1 mmol/L NH₄⁺; 6,0 mmol/L K⁺; 3,5 mmol/L Ca²⁺; 2 mmol/L Mg²⁺;

D3: 4,0 mmol/L NO₃⁻; 1,0 mmol/L H₂PO₄⁻; 0,5 mmol/L NH₄⁺; 3,0 mmol/L K⁺; 3,0 mmol/L Ca²⁺; 1,5 mmol/L Mg²⁺;

D4: la solución nutritiva D2 + enmienda orgánica líquida Vit Húmic 26. Compuesta por un 26% de extracto húmico de leonardita, 10% de ácidos húmicos y 16% de fúlvicos, 3% de aminoácidos, 5% de magnesio, 0,2 % de boro, 0,5% de manganeso y 0,5 % de zinc. Dosificada a razón de 2,5 g/m² y semana.

Se realizó un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones, 13 plantas por parcela elemental. Se utilizó berenjena cv. Cristal de la casa de semillas Fitó.

Para el ciclo de primavera la siembra tuvo lugar el 29 de noviembre de 2006, el transplante el 1 de enero de 2007, sobre un semiforzado con microtúnel con cubierta a base de polipropileno no tejido de una densidad de 17 g/m², que se retiró con la aparición de las primeras flores.

En el ciclo de otoño la siembra se realizó el 5 de julio de 2007 y el transplante el 22 de agosto. En ambos casos se realizó la siembra en semillero profesional. La densidad de plantación en las dos fechas fue de 1,02 plantas/m², con un marco de 1,4 x 0,7 m.

Para la evaluación de los resultados, se contabilizó la producción comercial, se obtuvo el peso medio de los frutos a partir del número de frutos obtenidos en cada recolección y se midió la producción de destrío. Para valorar el vigor de las plantas se midió la altura de 5 plantas por parcela elemental, en dos fechas distintas para cada uno de los ciclos estudiados.

Se hizo también una valoración de la homogeneidad y la frondosidad de la planta, puntuando de 0 como valor más bajo a 5 como índice mas alto, sobre cada una de las hileras de planta de la parcela elemental.

Para el ciclo de otoño, que sufrió una helada el 17 de noviembre con -1°C medido al aire libre en garita termométrica, se hizo una valoración de la afección de dicha helada el 21 de noviembre, tanto en planta como en fruto y en flor, por medio de índices de afección, considerando el valor 0 como no afectado por el frío y 5 daños muy altos de helada.

Durante el cultivo se realizaron 2 análisis químicos de la solución nutritiva del drenaje, para cada uno de los ciclos estudiados. También se midió el consumo de solución nutritiva y el porcentaje de drenaje para cada una de las dosis estudiadas.

RESULTADOS

En el ciclo de primavera la recolección se inició el 20 de abril de 2007 y finalizó la experiencia con la última recolección realizada el 6 de agosto. En el ciclo de otoño la primera recolección tuvo lugar el 5 de octubre y la última el 7 de enero de 2008.

En la Tabla 1 se exponen los resultados de la producción comercial acumulada correspondiente al ciclo de primavera. Se apreciaron diferencias estadísticamente significativas (e.s.) con probabilidad del 99% para la producción acumulada en mayo, entre las dosis D1 y D2, respecto a la D3. Para la producción acumulada en junio la mayor producción con diferencias e.s. al 99% correspondió a la D1, seguida de la D2 y por último la D3. En la acumulada de julio y agosto no se apreciaron diferencias e.s. entre la D1 y D2, aunque sí entre estas dos y la D3 que fue la de menor rendimiento final.

En el rendimiento comercial obtenido en otoño respecto al de primavera, fue significativamente menor. Para la producción comercial acumulada, en cada uno de los meses, el mejor rendimiento correspondió a las dosis D1 y D2, con diferencias e.s. al 99% respecto a la D3. En cuanto al peso medio de los frutos comerciales, se detectaron diferencias e.s. al 99%, entre las dosis D1 y D2, respecto a la D3, obteniendo frutos de mayor calibre en las dos primeras. En el ciclo de otoño no se dieron diferencias e.s. entre las dosis para el peso medio, aunque se apreció un menor peso medio para la dosis D3, comparado con las dosis D1 y D2.

No se apreciaron diferencias e.s. en el rendimiento de destrío en los ciclos de primavera y otoño, cuando se comparó la respuesta de las dosis D1, D2 y D3.

No se apreciaron diferencias e.s. entre la dosis D2 y la D4, para ninguno de los dos ciclos estudiados, ni ninguno de los parámetros productivos analizados.

En cuanto al vigor de las plantas, se detectaron diferencias e.s. al 99%, para los dos ciclos estudiados y en las dos fechas de medición correspondientes a cada ciclo, detectando un mayor vigor en las dosis D1 y D2, respecto a la D3. No se detectaron diferencias en la homogeneidad de las plantas. En el ciclo de primavera, se detectaron diferencias e.s. al 99% en el parámetro de frondosidad, siendo mayor para la dosis D1, seguido de la D2 y la menor en la D3. En el ciclo de otoño no se apreciaron diferencias e.s. entre las dosis D1 y D2, aunque sí hubo diferencias entre estas dosis respecto a la D3.

Para los dos ciclos estudiados, no se apreciaron diferencias e.s. en ninguno de los parámetros que determinaron el vigor y la homogeneidad de las plantas, cuando se comparó la respuesta entre las dosis D2 y D4.

En el ciclo de otoño, se apreció una mayor susceptibilidad a la helada tanto en planta como en fruto y flor para la dosis D3, respecto a las dosis D1 y D2. También se apreció una mayor susceptibilidad en planta y flor con la dosis D4 respecto a la dosis D2, con diferencias e.s. y probabilidad del 95%.

Respecto a los análisis realizados de la solución nutritiva, en los dos ciclos se apreció una clara relación entre la concentración de iones aportados y los resultados obtenidos en el drenaje, detectando valores muy bajos de nitratos, fosfatos y potasio para los dos ciclos con la dosis D3, y también para esa misma dosis en el ión calcio para el ciclo de primavera. Entre las dosis D2 y D4, únicamente se apreciaron diferencias claras en las analíticas del drenaje para la concentración del microelemento boro, detectando valores mas altos para la dosis correspondiente a la adición de la enmienda orgánica, aunque los valores se encuentran dentro de la normalidad.

Con la dosis D3 se produjo un menor consumo de solución nutritiva en ambos ciclos y una mayor eficiencia de riego para el ciclo de otoño. En el ciclo de primavera el mayor consumo de solución nutritiva y la mayor eficiencia de riego se obtuvo con la dosis D1 y D2. Los consumos de solución nutritiva y las eficiencias de riego fueron similares entre las dosis D2 y D4, para ambos ciclos de cultivo.

DISCUSIÓN

En el ciclo de primavera se apreció un mejor resultado productivo y de vigor de la planta con la dosis alta de nutrientes. Con vistas a un manejo racional del cultivo, se podría proponer: iniciar el cultivo con una dosis cercana a la D1, para progresivamente cambiar a la dosis D2 en el período de mayor desarrollo de la planta, en el que se producen mayores necesidades nutricionales. Para el ciclo de otoño, las soluciones nutritivas que mejor respuesta dieron fueron la D1 y D2.

La aportación de una enmienda orgánica líquida no ha supuesto ninguna mejora en el rendimiento, calidad de los frutos ni vigor de la planta, respecto a la misma solución nutritiva sin adición de la enmienda. Con la adición de la enmienda orgánica, al sufrir una helada se detectó una mayor susceptibilidad en planta y flor, respecto a la dosis sin la aportación de la enmienda.

Agradecimientos

El estudio forma parte de los trabajos desarrollados dentro del Programa Hortofrutícola proyecto de I+D+I, apoyado por la Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana.

Referencias

- Alarcón, A.L., Fernández, P., Egea, C. y Pérez, J.L. 2003. Utilización de Materia Orgánica líquida en cultivo sin suelo de pimiento. Influencia sobre el desarrollo radicular y producción. *Fruticultura Profesional* 139: 12-15.
- Baixauli, C. y Aguilar, J.M. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias. Ed. Generalitat Valenciana. Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Muñoz, P., Antón, A. y Montero J.I. Fertilización nitrogenada en un cultivo hidropónico de tomate. *Horticultura* 192: 8-13.

Tabla 1. Producción comercial acumulada. Ciclo de primavera

Dosis	RENDIMIENTO ACUMULADO (kg/m ²)				
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
D1	0,64	5,20 A	11,02 A	14,95 A	15,59 A
D2	0,58	4,73 A	8,91 B	13,75 A	14,22 A
D3	0,36	2,44 B	3,78 C	4,50 B	4,52 B
	n.s.	99%	99%	99%	99%

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas

Tabla 2. Destrío acumulado. Ciclo de primavera

Dosis	DESTRÍO ACUMULADO (kg/m ²)				
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
D1	0,06	0,48	1,21	1,84	2,42
D2	0,02	0,57	1,64	2,05	2,62
D3	0,02	0,49	1,26	2,25	2,66
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 3. Peso medio mensual. Ciclo de primavera

PESO MEDIO MENSUAL (g)					
Dosis	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	FINAL
D1	366,90 A	411,17	391,45 A	379,04 A	387,65 A
D2	349,07 A	393,70	416,56 A	385,02 A	393,11 A
D3	294,56 B	373,02	337,94 B	300,95 B	341,86 B
	99%	n.s.	99%	99%	99%

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas

Tabla 4. Medidas vigor de planta. Ciclo de primavera

Dosis	Altura planta (cm) 20/5/07	Altura planta (cm) 2/8/07	Homogeneidad planta 20/5/07 (0-5)	Frondosidad planta 20/5/07 (0-5)
D1	114,43 A	171,13 A	5,00	5,00 A
D2	106,77 A	158,67 A	4,17	4,00 B
D3	76,63 B	107,13 B	4,50	2,00 C
	99%	99%	n.s.	99%

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas

Tabla 5. Producción comercial acumulada. Ciclo de primavera

RENDIMIENTO ACUMULADO (kg/m ²)					
Dosis	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
D2	0,58	4,73	8,91	13,75	14,22
D4	0,66	4,74	9,11	13,06	13,62
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 6. Destrío acumulado. Ciclo de primavera

DESTRÍO ACUMULADO (kg/m ²)					
Dosis	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
D2	0,02	0,57	1,65	2,05	2,62
D4	0,04	0,35	1,11	1,73	2,38
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 7. Peso medio mensual. Ciclo de primavera

PESO MEDIO MENSUAL (g)					
Dosis	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	FINAL
D2	349,07	393,70	416,56	385,02	393,11
D4	346,39	394,33	409,41	396,7	391,59
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 8. Medidas vigor de planta. Ciclo de primavera

Dosis	Altura planta (cm) 20/5/07	Altura planta (cm) 2/8/07	Homogeneidad planta 20/5/07 (0-5)	Frondosidad planta 20/5/07 (0-5)
D2	106,77	158,67	4,17	4,00
D4	102,90	152,43	3,83	4,00
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 9. Producción comercial acumulada. Ciclo de otoño

Dosis	RENDIMIENTO ACUMULADO (kg/m ²)			
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
D1	1,50 A	2,33 A	2,67 A	2,78 A
D2	1,44 A	2,18 A	2,49 A	2,50 A
D3	0,84 B	1,36 B	1,56 B	1,59 B
	99%	99%	99%	99%

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas

Tabla 10. Destrío acumulado. Ciclo de otoño

Dosis	DESTRÍO ACUMULADO (kg/m ²)			
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
D1	0,10	0,12	0,22	0,23
D2	0,10	0,15	0,26	0,33
D3	0,06	0,11	0,17	0,2
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 11. Peso medio mensual. Ciclo de otoño

Dosis	PESO MEDIO MENSUAL (g)			
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	FINAL
D1	371,56	351,01	303,14	347,48
D2	375,16	354,27	292,29	355,35
D3	352,34	335,96	279,79	333,26
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 12. Medidas vigor de planta. Ciclo de otoño

Dosis	Altura planta (cm) 31/10/07	Altura planta (cm) 3/1/08	Homogeneidad planta 31/10/07 (0-5)	Frondosidad planta 31/10/07 (0-5)
D1	117,11 A	117,95 A	4,75	4,75 A
D2	118,00 A	117,80 A	4,50	4,50 A
D3	85,33 B	87,13 B	4,50	3,25 B
	99%	99%	n.s.	99%

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas

Tabla 13. Afección helada. Ciclo de otoño

AFECCIÓN HELADA. Fecha valoración: 21/11/07						
Dosis	Planta (0-5)		Fruto (0-5)		Flor (0-5)	
D1	1,50	B	0,00	B	0,17	b
D2	1,33	B	0,00	B	0,00	b
D3	3,67	A	0,67	A	2,33	a
	99%		99%		95%	

Tabla 14. Producción comercial acumulada. Ciclo de otoño

RENDIMIENTO ACUMULADO (kg/m ²)				
Dosis	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
D2	1,44	2,18	2,49	2,50
D4	1,41	2,16	2,52	2,57
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 15. Destrío acumulado. Ciclo de otoño

DESTRÍO ACUMULADO (kg/m ²)				
Dosis	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
D2	0,10	0,15	0,26	0,33
D4	0,09	0,15	0,31	0,35
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 16. Peso medio mensual. Ciclo de otoño

PESO MEDIO MENSUAL (g)				
Dosis	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	FINAL
D2	375,16	354,27	292,29	355,35
D4	366,24	350,32	286,17	343,83
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 17. Medidas vigor de planta. Ciclo de otoño

Dosis	Altura planta (cm)	Altura planta (cm)	Homogeneidad planta	Frondosidad planta
	31/10/07	3/1/08	31/10/07 (0-5)	31/10/07 (0-5)
D2	118,00	117,80	4,50	4,50
D4	112,56	113,02	4,25	4,50
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla 18. Afección helada. Ciclo de otoño

AFECCIÓN HELADA. Fecha valoración: 21/11/07						
Dosis	Planta (0-5)		Fruto (0-5)		Flor (0-5)	
D2	1,33	b	0,00		0,00	b
D4	2,83	a	0,17		0,67	a
	95%		n.s.		95%	

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas

Tabla 19. Consumos de solución nutritiva. Ciclo de primavera

Dosis	Consumo (litros/planta)	Consumo neto (litros/planta)	m³/ha totales	m³/ha netos	% drenaje medio	Eficiencia de riego (kg producto comercial/m³ solución nutritiva)
D1	715,2	484,7	7297,6	4946,0	32,2	21,4
D2	684,6	481,7	6985,7	4915,2	29,6	20,4
D3	349,7	256,1	3568,8	2613,2	26,8	12,7
D4	708,8	503,9	7232,1	5142,2	28,9	18,8

Tabla 20. Consumos de solución nutritiva. Ciclo de otoño

Dosis	Consumo (litros/planta)	Consumo neto (litros/planta)	m³/ha totales	m³/ha netos	% drenaje medio	Eficiencia de riego (kg producto comercial/m³ solución nutritiva)
D1	146,2	91,6	1491,7	934,6	37,3	18,6
D2	137,2	95,2	1400,0	971,1	30,6	17,9
D3	68,5	54,8	698,8	559,0	20,0	22,8
D4	133,9	94,9	1366,7	968,8	29,1	18,8