

Efecto de la aireación de la solución nutritiva sobre el crecimiento y la calidad de canónigos cultivados en bandejas flotantes.

D. Niñirola¹, C. Egea-Gilabert², J.A. Martínez¹, E. Conesa¹, L. Gutiérrez¹ y J.A. Fernández¹

¹Producción Vegetal, UPCT, Paseo Alfonso XIII 48, 30203 Cartagena

²Ciencia y Tecnología Agraria, UPCT, Paseo Alfonso XIII 48, 30203 Cartagena

Palabras clave: *Valerianella locusta*, oxígeno disuelto, fitoquímicos, nitratos, oxalatos

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de distintos niveles de aireación de la solución nutritiva en el crecimiento y calidad de los canónigos (*Valerianella locusta*) cultivados en bandejas flotantes. En general, el empleo de la aireación elevada mejoró el crecimiento aéreo y radicular de la planta, reduciendo considerablemente el contenido de nitratos, aunque acumuló en sus hojas una menor concentración de fenoles totales.

INTRODUCCIÓN

El canónigo (*Valerianella locusta* L.) es una planta muy apreciada por su sabor y por su contenido en vitaminas y elementos beneficiosos para la salud, que puede ser comercializada como producto de la cuarta gama. Para este fin, el sistema de bandejas flotantes resulta idóneo, ya que permite un crecimiento rápido y limpio de esta especie. En este sistema de cultivo, como en otros cultivos hidropónicos, las plantas pueden sufrir problemas de hipoxia, ya que las raíces consumen gradualmente el oxígeno disuelto en la solución nutritiva. La temperatura es el principal factor que afecta a la cantidad de oxígeno disuelto, por lo que los principales problemas suelen aparecer en verano debido a las altas temperaturas, coincidiendo con un incremento de la respiración de las raíces (Morard y Silvestre, 1996). Así, con objeto de evitar las repercusiones negativas de la falta de oxígeno, que pueden afectar a la absorción de nutrientes, crecimiento de las raíces y aparición de enfermedades, los productores airean la solución nutritiva. No obstante, existen grandes diferencias en cuanto a la sensibilidad entre especies a la deficiencia de oxígeno en las raíces. De hecho, algunas plantas en condiciones de hipoxia pueden generar un tejido denominado aerénquima, que permite el movimiento interno de gases en la planta, paliando los efectos negativos de la deficiencia de oxígeno.

Los canónigos se caracterizan por acumular gran cantidad de nitratos en sus hojas (Santamaría, 2006). Una forma de reducir su contenido podría ser su cultivo con reducida concentración de oxígeno en la solución nutritiva, como previamente sugirió Ferrante et al. (2003) en rúcola. Además, bajo estas condiciones, Rajapakse et al. (2009) comprobaron en lechuga que se incrementaban la producción de fitoquímicos en las plantas. De esta manera, y bajo estas condiciones de cultivo, las propiedades nutricionales que ya contienen el canónigo podrían ser incrementadas. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de diferentes niveles de aireación en la solución nutritiva sobre el crecimiento y calidad de canónigos cultivados en bandejas flotantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agraria “Finca Tomás Ferro” de la UPCT ubicada en La Palma (Cartagena). En el experimento se utilizó la variedad Gala (Clause Spain). La siembra se realizó el 1 de diciembre de 2010 en bandejas de poliestireno expandido denominadas “styrofloat”, alternando fisuras. Una vez sembradas, las bandejas fueron introducidas en una cámara en oscuridad a una temperatura de 21°C y una humedad relativa de 90% durante 3 días para facilitar la germinación. A continuación, las bandejas se pasaron a unas mesas de cultivo de dimensiones 3 × 1,5 × 0,15 m, con una altura de solución nutritiva de 10 cm, ubicadas en el interior de un invernadero de policarbonato. En la base de cada mesa de cultivo se dispuso un entramado de tuberías conectado a una bomba de aire, para proporcionar aireación a la solución nutritiva. Para conseguir los tratamientos de aireación ensayados: control (no aeración), bajo y alto, se utilizaron tuberías perforadas con 0, 6 y 36 agujeros × m⁻², respectivamente. Además, en cada mesa, se dispusieron sensores para monitorizar horariamente la evolución de la temperatura y la concentración de oxígeno de la solución nutritiva.

Al cabo de una semana se realizó un aclareo de plántulas, dejando unas 8 plantas por fisura, lo que supuso una densidad de plantación de aproximadamente 680 plantas/m². La solución nutritiva estuvo compuesta por agua fresca desde la colocación de las bandejas en las mesas de cultivo hasta los 8 días después la siembra. A partir de esta fecha y hasta la recolección se empleó una solución nutritiva con un pH de 5,6 y una CE de 2,6 dS/m, conteniendo los siguientes elementos en μmol/L: NO₃⁻, 4800; NH₄⁺, 7200; H₂PO₄⁻, 2000; Ca²⁺, 3200; K⁺, 6000; Mg²⁺, 4000. A esta solución se le añadió una mezcla comercial de microelementos a una concentración de 0,02 g/L y un quelato de Fe a una concentración de 0,02 g/L. La duración del ciclo de cultivo fue de 42 días y las temperaturas media, máxima y mínima fueron 14,1°C, 27,6°C y 7,5°C, respectivamente.

En el momento de la recolección se analizaron en 20 plantas el número de hojas, su altura, el área foliar (medida con un medidor de área foliar), el peso fresco y color (medido con un colorímetro). Asimismo con la ayuda de un medidor de raíces se determinó su longitud total y de las raíces de diferente diámetro, volumen, diámetro, y número de puntas. Igualmente, el peso seco de la parte aérea y de las raíces se determinó tras permanecer las plantas a 60°C hasta conseguir un peso constante. Para las determinaciones de nitratos, oxalatos y fitoquímicos se tomaron tres muestras por tratamiento y repetición. Los nitratos y oxalatos, extraídos de 0,2 g de materia seca, fueron determinados por cromatografía iónica. El contenido en fenoles totales fue determinado con el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu y expresado como equivalente de ácido clorogénico por kg de peso fresco. La capacidad antioxidante fue evaluada en términos de la desaparición del radical DPPH a 515 nm y expresada como equivalente de ácido ascórbico por kg de peso fresco.

Para el diseño experimental se consideró como parcela elemental una mesa de 3 × 1,5 × 0,15 m que contenía cuatro bandejas de 60 × 41 cm, con tres repeticiones por tratamiento distribuidas al azar. Los datos se analizaron con el análisis de varianza, utilizando el test de LSD (P < 0,05) para la separación de medias con el programa StatGraphic plus.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura media diaria de la solución nutritiva durante el ciclo de cultivo osciló entre 17,5°C y 9,3°C (Figura 1). Los tratamientos de aireación afectaron al

contenido de oxígeno disuelto en la solución nutritiva alcanzando un máximo de 9,8 ppm con el tratamiento de alta aireación, mientras que con el tratamiento control se redujo a 1,6 ppm al final del ciclo de cultivo.

En los parámetros de crecimiento aéreo se observaron diferencias significativas en la altura, el peso fresco, el área foliar y el ángulo Hue, mientras que no aparecieron en el número de hojas y en el peso seco (Tabla 1). En general, el empleo de la aireación elevada mejoró el crecimiento de la planta. Este mayor crecimiento a mayor aireación coincide con los resultados de Tesi et al. (2003) en espinacas y Lara et al. (2009) en verdolaga. Los resultados del ángulo Hue mostraron que las plantas del tratamiento control tuvieron un color más verde que las de los tratamientos de aireación, probablemente debido a un crecimiento más lento (Zheng et al., 2007).

Con respecto al crecimiento de la raíz, las plantas cultivadas en el tratamiento control mostraron los menores valores de peso seco, longitud total, longitud de raíces de diámetro entre 0-0,5 mm y número de puntas, aunque alcanzaron el diámetro más elevado de raíces (Tabla 2). Estos resultados son similares a los de Lorenzen et al., (2001) que demostraron en *Cladium* y en *Typha* una disminución del crecimiento de raíces y un acortamiento de las mismas en condiciones de niveles de bajos oxigenación respecto a soluciones aireadas. Asimismo, los tratamientos con aireación promovieron la aparición de raíces finas y nuevos puntos de crecimiento, lo que mejoraría la absorción de agua y nutrientes por la planta.

El contenido de nitratos en hojas se vio reducido considerablemente en el tratamiento de elevada aireación, mejorando de esta forma la calidad del producto final. Los oxalatos también se redujeron con el tratamiento de elevada aireación, siendo su contenido en todos los tratamientos bastante bajo, como previamente demostró Ochoa et al. (2010).

El contenido en fenoles totales se vio afecto por la aireación de la solución nutritiva, pero no la capacidad antioxidante. El resultado más elevado de fenoles totales en el tratamiento de no aireación se puede explicar por la producción de fitoquímicos relacionados con el estrés producido en estas condiciones (Rajapakse et al., 2009).

Agradecimientos

El trabajo ha sido financiado con el proyecto MICINN-FEDER AGL2010-17680.

Referencias

- Ferrante, A., Incrocci, L., Maggini, R. and Tognoni, F. (2003). Preharvest and postharvest strategies for reducing nitrate content in rocket (*Eruca sativa*). *Acta Hort.* 628: 153-159.
- Lara, L.J., López-Marín, J., González, A., Niñirola, D., Conesa, E. y Fernández, J.A. 2009. Efecto del nivel oxigenación de la solución nutritiva sobre el crecimiento de *Portulaca oleracea* cultivada en bandejas flotantes. *Actas de Horticultura*, 54: 510-515.
- Lorenzen, B., Brix, H., Mendelssohn, I.A., McKee, K.L. and Miao, S.L., 2001. Growth, biomass allocation and nutrient use efficiency in *Cladium jamaicense* and *Typha domingensis* as affected by phosphorus and oxygen availability. *Aquat. Bot.* 70: 117-133.
- Morard, P. and Silvestre, J. (1996). Plant injury to oxygen deficiency in the root environment of soilless culture: A review. *Plant and Soil* 184: 243-254.

- Ochoa, J., Conesa, E., Lara, L.J., Niñirola, D. y Fernández, J.A. 2010. Producción de canónigos en bandejas flotantes con distintas concentraciones de nitrógeno. *Actas de Horticultura* 56: 65-69.
- Rajapakse, N., He, C., Cisneros-Zevallos, L. and Davies Jr. F. T. (2009). Hypobaric and hypoxia affects growth and phytochemical contents of lettuce. *Scientia Horticulturae* 122: 171-178.
- Santamaria, P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *J. Sci. Food Agric.* 86: 10-17.
- Tesi, R., Lenzi, A. and Lombardi, P. (2003). Effect of different O₂ levels on spinach (*Spinacia oleracea* L.) grown in a floating system. *Acta Hort.* 614: 631-637.
- Zheng, Y., Wang, L. and Dixon, M. (2007). An upper limit for elevated root zone dissolved oxygen concentration for tomato. *Scientia Hort.* 113: 162-165.

Tabla 1. Parámetros de crecimiento aéreo al final del cultivo.

Tratamiento	Altura (cm)	Nº de hojas	Peso fresco (g)	Área foliar (cm ²)	Peso seco (g)	Hue
Control	4,4 a	5,2	4,2 a	81,6 a	0,3	157,7 b
Bajo	4,9 b	5,2	6,7 ab	119,5 b	0,4	155,8 a
Alto	5,6 c	5,2	8,2 b	148,9 b	0,5	156,6 a

Tabla 2. Parámetros de crecimiento radicular al final del cultivo.

Tratamiento	Peso seco (g)	Longitud total (cm)	Longitud 0-0,5mm Ø (cm)	Diámetro (mm)	Volumen (cm ³)	Número de puntas
Control	0,023 a	1170,7 a	677,3 a	0,8 b	5,8	1961,8 a
Bajo	0,036 ab	1555,4 b	969,8 b	0,7 ab	6,4	3356,9 b
Alto	0,044 b	1469,0 b	965,7 b	0,5 a	4,7	2802,6 b

Tabla 3. Contenido de nitratos, oxalatos, fenoles totales y capacidad antioxidante en las hojas de canónigos.

Tratamiento	Nitratos (mg kg ⁻¹ f.w.)	Oxalatos (mg kg ⁻¹ f.w.)	Fenoles totales (CAE) kg ⁻¹ f.w.	Capacidad Antioxidante (AAE) kg ⁻¹ f.w.
Control	2758,7 c	68,1 b	3101,6 b	238,5
Bajo	2517,9 b	61,7 b	2546,9 a	254,8
Alto	1145,9 a	35,7 a	2384,0 a	254,2

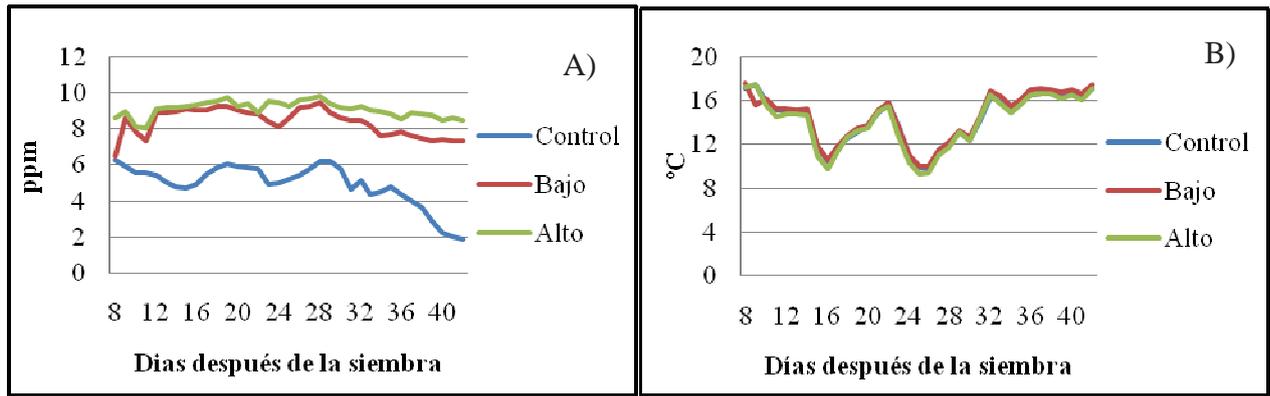


Fig. 1. Evolución del oxígeno diario disuelto (A) y de la temperatura (B) en la solución nutritiva.