

Serie Documentos

## Producción de hortalizas de hoja *baby leaf* en bandejas flotantes



**J.A Fernández et al**

Dept. de Producción Vegetal, Universidad Politécnica de Cartagena,  
España

<http://www.publicaciones.poscosecha.com>

Grupo THM

## **Producción de hortalizas de hoja *baby leaf* en bandejas flotantes**

**J.A Fernández et al**

Dept. de Producción Vegetal, Universidad Politécnica de Cartagena, España

### Índice

El contenido de nitratos en hojas  
Aireación de la solución nutritiva  
Salinidad de la solución nutritiva

Bibliografía

### Información comercial

Hoy en día existe una gran demanda por parte de los ciudadanos de productos vegetales de la cuarta gama, como resultado del interés por el consumo de alimentos saludables, frescos y listos para comer. Particularmente, las hortalizas de hoja “baby leaf” o brotes han aumentado el requerimiento por parte de los consumidores y, consecuentemente la demanda del mercado. Una de las principales presentaciones de estos productos es en forma de hoja pequeña entera, de una longitud entre 8-12 cm, con una mínima sección expuesta a la oxidación, su peciolo. Este es el caso de hortalizas como la lechuga, espinaca, rúcola, etc. Asimismo, se pueden presentar en forma de planta completa como los canónigos o en forma de pequeños brotes que contienen tallos tiernos y hojas, como el berro, la verdolaga, etc.

El cultivo en bandejas flotantes es un sistema hidropónico sencillo y conveniente para la producción de hortalizas “baby leaf”, ya que las plantas pueden crecer a densidades elevadas y producir rendimientos excelentes en un periodo corto de tiempo. Los elementos esenciales de este sistema son las bandejas de poliestireno expandido u otro material de bajo peso volumétrico e hidrófugo, así como las bancadas de cultivo cerradas para contener la solución nutritiva, con una profundidad de 10-25 cm. A nivel comercial las bancadas suelen ocupar toda la superficie del invernadero, bien como una única “piscina” o en forma de múltiples bancadas independientes. A nivel experimental, se suelen emplear bancadas de dimensiones de 3 x 1,25 x 0,20 m. Las bandejas suelen ser de poliestireno expandido; bien las de alveolos, o las tipo “styrofloat”, donde los alveolos han sido sustituidos por fisuras tronco-cónicas de muy poco volumen, que limitan al máximo la utilización del sustrato, únicamente el necesario para soportar y asegurar la germinación de la semilla. Las densidades de plantación empleadas en las bandejas tipo “styrofloat” oscilan entre 680 plantas/m<sup>2</sup> en el caso de los canónigos, hasta 2050 plantas/m<sup>2</sup> en el caso de la verdolaga.

Esta técnica es de gran interés por sus costes de instalación y mano de obra bajos, ausencia de malas hierbas y por permitir una cosecha rápida y directa. Asimismo, se reduce la duración del ciclo de cultivo con respecto al cultivo en suelo. Esta duración es variable en función de la especie y la estación del año. En nuestras condiciones climáticas, hemos cosechado verdolaga en verano en tan solo 15 días (Lara et al., 2011), aunque en otras especies, en ciclo invernal, la duración del ciclo se ha alargado a los 2 meses. Las plantas pueden recolectarse una vez, o varias veces si se permite el rebrote de las mismas en la bandeja. Además, al no estar las plantas en contacto con el suelo, la carga microbiana inicial en la cosecha es bastante reducida respecto a aquellas obtenidas en producción convencional, resultando el producto final limpio y listo para ser envasado. Igualmente, una de las principales ventajas del sistema de bandejas flotantes es la posibilidad de influir rápidamente en el estado nutricional de las plantas. De este modo, variando la composición de la solución nutritiva se pueden producir hortalizas con elevada calidad y aumentar el contenido de compuestos de requerimiento dietético del producto (Santamaria y Valenzano, 2001). El uso de esta técnica en España apenas está extendido, aunque en Italia goza de una cierta popularidad, existiendo maquinaria adaptada tanto para la siembra automática como para la recolección. Alternativamente, algunas empresas nacionales del sector de la IV gama están usando las bandejas de alveolos para la producción de estas hortalizas, con aporte de la solución nutritiva mediante microaspersión. Estas empresas han incorporado el sistema de recolección por siega automática, completando varios ciclos de cultivo en función de la especie en la

misma bandeja. Uno de los problemas que se puede plantear a priori en este sistema de cultivo es el riego aéreo, que aumenta la humedad relativa ambiental y, con ello el riesgo de enfermedades aéreas. Esto comportaría la realización de tratamiento fitosanitarios, que estarían muy limitados al ser un producto de rápida entrada en producción.

En los cultivos en bandejas flotantes se han desarrollado diversas técnicas culturales para satisfacer los requerimientos del mercado y producir alimentos de calidad, sanos y de forma sostenible. En este trabajo se hace una revisión de dichas técnicas empleadas en la producción de hortalizas de hoja “baby leaf”, que han sido desarrolladas en los últimos años en la Universidad de Turín y en la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT). En concreto, en este trabajo se hace referencia a las técnicas empleadas para reducir el contenido de nitratos en hoja, al uso de la aplicación de la aireación y al efecto del incremento de la salinidad en la solución nutritiva.

## EL CONTENIDO DE NITRATOS EN HOJAS

Un aspecto importante para la producción de hortalizas de hoja es el contenido final de nitratos, por sus efectos negativos sobre la salud humana. La concentración de nitratos en los vegetales está siendo regulada por la UE desde 1997. Al principio solo para la lechuga y la espinaca, mientras que el nuevo Reglamento de la UE 1258/2011 incluye también varias especies dentro del nombre genérico de rúcula (*Eruca sativa*, *Diplotaxis* sp., *Brassica tenuifolia*, *Sisymbrium tenuifolium*) (EC, 2011). Las concentraciones límites permitidas de este compuesto varían entre 2.000 mg/kg de peso fresco para la lechuga 'iceberg' cultivada al aire libre y 7.000 mg/kg para la rúcula producida en invierno. Considerando que la ingesta diaria admisible de nitrato es de 0-3,7 mg/kg de peso corporal (EFSA, 2010), es de vital importancia controlar el contenido de nitratos en la producción de las hortalizas de hoja, especialmente para aquellos que consumen habitualmente estos productos. Su acumulación en las plantas está influenciada por muchos factores. Así, Santamaria (2006) destaca que diversos factores genéticos, medioambientales y agronómicos afectan a la absorción de los nitratos por la planta y su acumulación en las hojas, siendo la fertilización nitrogenada y la intensidad luminosa los principales factores que influyen en dicho proceso (Cantliffe, 1973). Además, hay evidencia de que las plantas más jóvenes tienden a acumular más nitratos que las plantas adultas, ya que éstas últimas requieren menos N, al haberlo metabolizado en proteínas durante su vida (Fontana y Nicola, 2008). Incluso el uso de los distintos sistemas de bandejas flotantes puede influir en la acumulación de nitratos, habiéndose demostrado que en la mayoría de especies, y a igualdad de aportes de N, el sistema de flotación continuo incrementa su acumulación respecto al sistema de flujo y reflujo (sistema de flotación no continuo) (Nicola et al., 2007). Esta mayor acumulación de nitrato, así como el aumento de productividad, puede ser debido a la constante disponibilidad de solución nutritiva para la planta, que contribuye a su mayor crecimiento.

La cantidad de N aportada a la solución nutritiva es uno de los principales factores que interviene en la producción y calidad de la producción de hortalizas “baby leaf”. En general, incrementando la cantidad de N se incrementa su rendimiento, hasta un límite en el que se llega a un nivel de saturación, y conlleva un aumento de la concentración de nitratos en las hojas (Nicola et al., 2015).

Otro factor a tener en cuenta es la proporción amonio/nitrato en la solución nutritiva. Las plantas pueden absorber tanto N nítrico como amoniacal, aunque este último elemento es tóxico para ellas a elevadas concentraciones. Una combinación de estas dos formas de N, en una relación apropiada, es generalmente beneficiosa para el crecimiento de las plantas. Numerosos experimentos con distintas especies han demostrado que el contenido de nitratos en hoja se consigue reducir mediante el aporte de N en forma amoniacal en lugar de nítrico. Pero no todas las especies admiten un incremento de N amoniacal en la solución nutritiva, sin que se vea afectado su rendimiento. Así, la lechuga, escarola, el apio y la endibia son especies eficientes para la asimilación del N amoniacal, permitiendo obtener hojas con un bajo contenido de nitratos; por el contrario un alto contenido de N amoniacal en la solución nutritiva puede ser tóxico para la rúcula y la espinaca (Santamaría, 2004). En general, se obtiene una reducción del contenido de nitratos en las hojas cuando las plantas son cultivadas con una proporción superior de N amoniacal respecto al nítrico. Bajo estas condiciones, el rendimiento suele disminuir, en mayor proporción cuanto más porcentaje de N sea empleado en forma amoniacal. Por tanto, la aportación de N en forma amoniacal puede ser beneficiosa para el control de nitratos en hojas, pero la relación entre ambas formas debe ajustarse a cada hortaliza de hoja para alcanzar un rendimiento aceptable, ya que cada especie es diferente con respecto a la asimilación de N nítrico y la tolerancia a altas concentraciones de N amoniacal (Nicola et al., 2015).

La presencia de N en la solución nutritiva durante el ciclo de cultivo juega un papel fundamental en el contenido final de nitratos. Santamaria et al. (1997) observaron que la interrupción del aporte de N antes de la cosecha permite una disminución del contenido foliar de nitratos en muchas especies. En la mayoría de experiencias realizadas es suficiente con eliminar el N de la solución nutritiva entre 2 y 3 días antes de la recolección. No obstante, otros factores como el tipo de sistema de bandejas flotantes empleado (flotación continua o flujo y reflujos), o el momento del ciclo de cultivo pueden afectar al resultado de esta estrategia de cultivo (Nicola et al., 2015). Por tanto, son necesarios más estudios para ajustar el nivel de N en la solución nutritiva y el momento de interrupción de su aporte antes de la recolección, para optimizar el contenido de nitratos en las hojas. Además se deben considerar tanto las condiciones ambientales en las que transcurre el ciclo de cultivo, como el estado fenológico de la planta en el que se produce la recolección.

## AIREACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Como en otros cultivos hidropónicos, las plantas que crecen en bandejas flotantes pueden sufrir problemas de hipoxia, debido a que las raíces consumen gradualmente el oxígeno disuelto en la solución nutritiva. Este problema puede ser más grave en periodos de elevadas temperaturas ya que el incremento de la temperatura del agua hace que disminuya el nivel de saturación de oxígeno y aumente la tasa de respiración de las raíces. Por tanto es conveniente mantener una adecuada concentración de oxígeno en la solución nutritiva que asegure el correcto funcionamiento de las raíces, ya que la ausencia de este elemento reduce la absorción de agua y nutrientes por las plantas, lo cual puede limitar su crecimiento y repercutir negativamente en el rendimiento del cultivo. Para evitar cualquier repercusión negativa en el cultivo, los productores suelen airear la solución nutritiva para enriquecerla con oxígeno.

En ensayos realizados con bandejas flotantes en la UPCT se ha demostrado que la no aireación de la solución nutritiva lleva a un descenso gradual del oxígeno disuelto, más acuciante en las últimas fases del ciclo de cultivo (Fig. 1). Este descenso es aún más rápido durante los ciclos de cultivo que transcurren en periodos cálidos llegando a valores de menos de 1 mg/L en el momento de la cosecha (Niñirola et al., 2012). Por el contrario, en ciclos invernales la concentración de oxígeno se puede mantener en torno a 5 mg/L debido a la baja temperatura de la solución nutritiva (Niñirola et al., 2015). Esta desigual incidencia de deficiencia de oxígeno en la solución condiciona una respuesta distinta de la planta según el ciclo en que se realice el cultivo. La adaptación de las distintas hortalizas “baby leaf” cultivadas a las bajas concentraciones de oxígeno es diferente, siendo el berro una de la menos sensibles (Niñirola et al., 2014a) y el canónigo una de las que más (Niñirola et al., 2011). Un sistema adecuado para el enriquecimiento de oxígeno en la solución nutritiva es el compuesto por una bomba de aire conectada a un entramado de tuberías dispuesto en la base de las mesas de cultivo. Estas tuberías se perforan para proporcionar aire, y por tanto, oxígeno a la solución nutritiva. Usando este sistema de aireación con una adecuada proporción de agujeros se suele mantener una concentración entre 9,7 and 7,0 mg/L durante el ciclo de cultivo, en función del crecimiento de la planta y la temperatura de la solución nutritiva.

En general, la aireación de la solución nutritiva lleva a un incremento del crecimiento de la planta y del rendimiento. Este crecimiento se suele manifestar en un mayor número de hojas, área foliar y peso fresco y seco de la parte aérea. El color de las hojas con aireación suele ser menos oscuro con respecto a las plantas cultivadas sin aireación, posiblemente, en este último caso, como resultado de un crecimiento de la planta más lento. Asimismo, la aireación de la solución nutritiva incrementa el crecimiento radicular. Hemos encontrado incrementos de peso seco radicular, área y longitud total de raíces, particularmente de raíces finas que son las responsables de suministro de agua y nutrientes a la parte aérea de las plantas. Por el contrario, hemos observado un incremento en el diámetro de las raíces debido a la formación de aerénquima en las raíces de las plantas cultivadas en condiciones de no aireación. Éste tejido está formado por canales longitudinales rellenos de aire que facilita el movimiento interno de gases en la planta. Se han encontrado espacios aerenquimatosos en las raíces en la mayoría de las especies estudiadas cuando crecían en condiciones de no aireación, aunque su porcentaje sobre el resto de tejido es diferente según la especie cultivada. Así en verdolaga el porcentaje llegó al 10%, mientras que en lechuga, canónigos o berros el porcentaje fue inferior al 4% (Fig. 2). No obstante este porcentaje se aleja del encontrado en plantas acuáticas que pueden llegar al 60%. Otra forma de adaptarse a la ausencia de oxígeno es la presencia de raíces adventicias, las cuales contienen un extenso tejido aerenquimatoso. Este es el caso del berro que bajo condiciones de baja concentración de oxígeno desarrolla raíces adventicias exógenamente desde los nudos del tallo, siendo de mayor longitud las que parten desde el nudo cotiledonario (Fig. 3). Estas raíces pueden crecer en el sustrato reemplazando parcialmente la función del sistema radical original y manteniendo el normal crecimiento de la planta. No obstante la presencia de raíces en los brotes de berro podría repercutir negativamente en la calidad del producto final.

Las plantas que crecen en condiciones de deficiencia de oxígeno pueden responder con adaptaciones metabólicas que afectan a la calidad final del producto, mejorando en muchos casos las concentraciones de fitoquímicos funcionales y reduciendo las concentraciones de compuestos anti-nutricionales. Hemos demostrado que la falta de aireación reduce las concentraciones de nitrato en verdolaga (Lara et al.,

<http://www.publicaciones.poscosecha.com>

2011), canónigos (Niñirola et al., 2011), berro (Niñirola et al., 2014a) y lechuga (Niñirola et al., 2015) y posiblemente al activar una vía respiratoria alternativa, en la que el nitrato se utiliza como un aceptor de electrones alternativo al oxígeno (Igamberdiev y Hill, 2004). Asimismo, la exposición de las raíces a la falta de oxígeno causa el estrés oxidativo, que afecta el crecimiento de la planta debido a la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS). En la mayoría de especies estudiadas hemos encontrado un mayor contenido de fenoles totales, vitamina C y capacidad antioxidante cuando las plantas crecían en condiciones de no aeración, aunque es posible encontrar respuestas diferentes según las diferentes condiciones experimentales y la especie cultivada (Nicola et al., 2015).

## SALINIDAD DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Generalmente, una elevada salinidad del agua en los cultivos hidropónicos puede limitar el desarrollo de los mismos, ya que las plantas cultivadas bajo estrés salino crecen más lentamente, tienen menos contenido en agua y su rendimiento disminuye. A pesar de estos inconvenientes, se ha demostrado el efecto positivo de la salinidad durante el proceso de poscosecha de hortalizas “baby leaf” cultivadas en bandejas flotantes, alargando su vida útil (Scuderi et al., 2011). Por tanto, una técnica interesante en este sistema de cultivo podría ser el incremento de la salinidad al final del ciclo de cultivo, de forma que apenas afecte al rendimiento del cultivo, beneficiando posteriormente el comportamiento poscosecha del producto.

En ensayos realizados en la UPCT se ha demostrado que el incremento de la salinidad de la solución nutritiva a mitad del ciclo de cultivo produce una respuesta diferente según la especie cultivada, siendo el canónigo una de las más sensibles. También se han presentado diferencias de tolerancia a la salinidad en variedades de lechuga (Niñirola et al., 2014b). En general, la salinidad ha afectado al crecimiento de las especies reduciendo su rendimiento, pero mejorando la calidad final del producto al reducir la concentración de nitratos y aumentar la de algunos fitoquímicos. También se ha constatado un incremento del área foliar específica en las especies estudiadas, consiguiéndose hojas con un mayor espesor que procuran un mejor comportamiento del producto en poscosecha. Aun así, apenas hubo diferencia entre los tratamientos de salinidad y el control en el comportamiento poscosecha, aunque en la cata de los productos, algunos expertos constataron un leve incremento del sabor salado en las especies estudiadas.

### Ciclo de Invierno

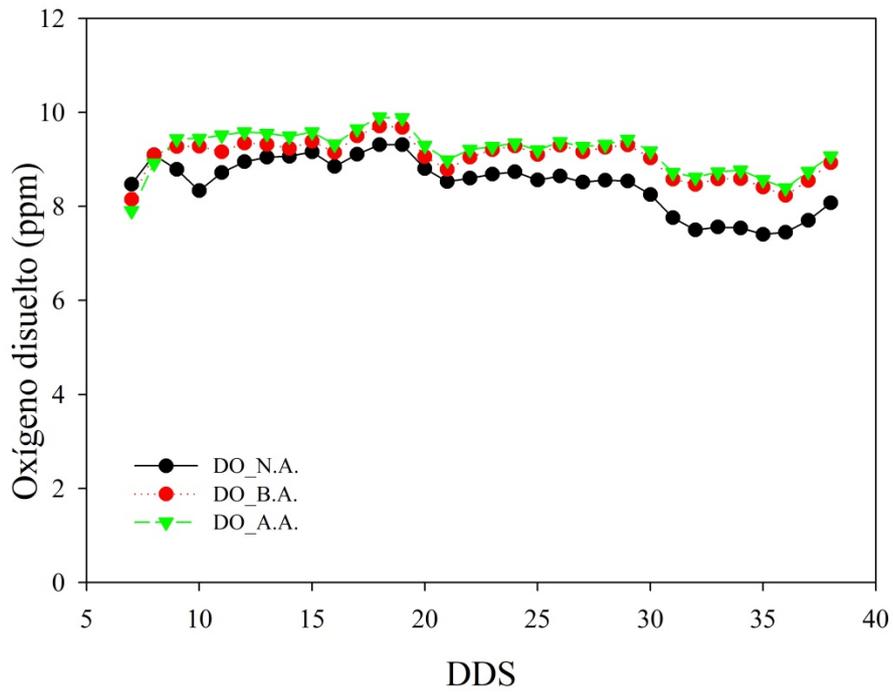


Figura 1. DO Invierno

### Ciclo de Primavera

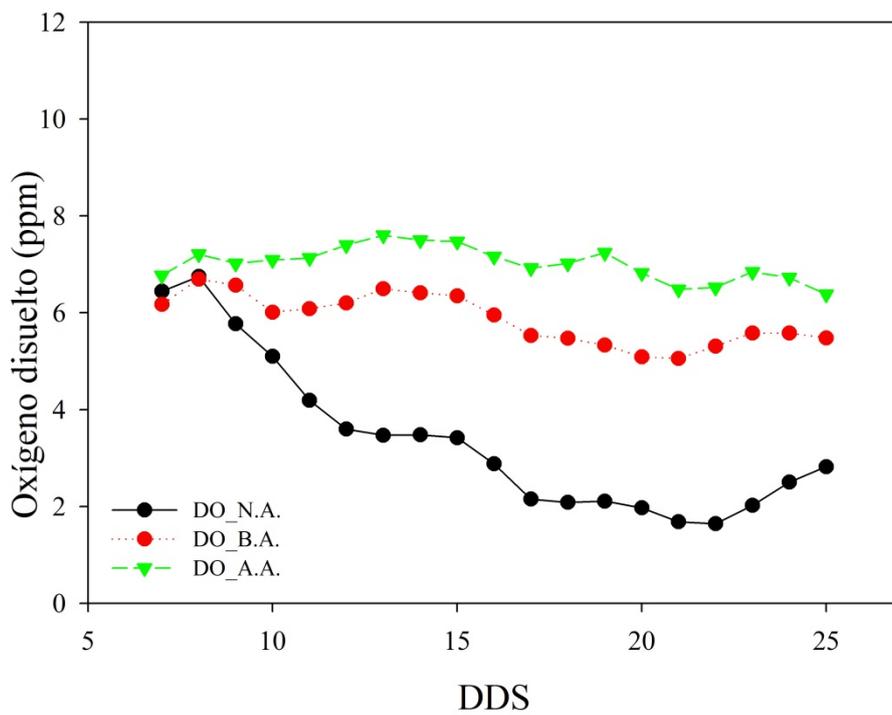


Figura 2 DO Primavera



Cultivo de lechuga roja y verde en bandejas flotantes

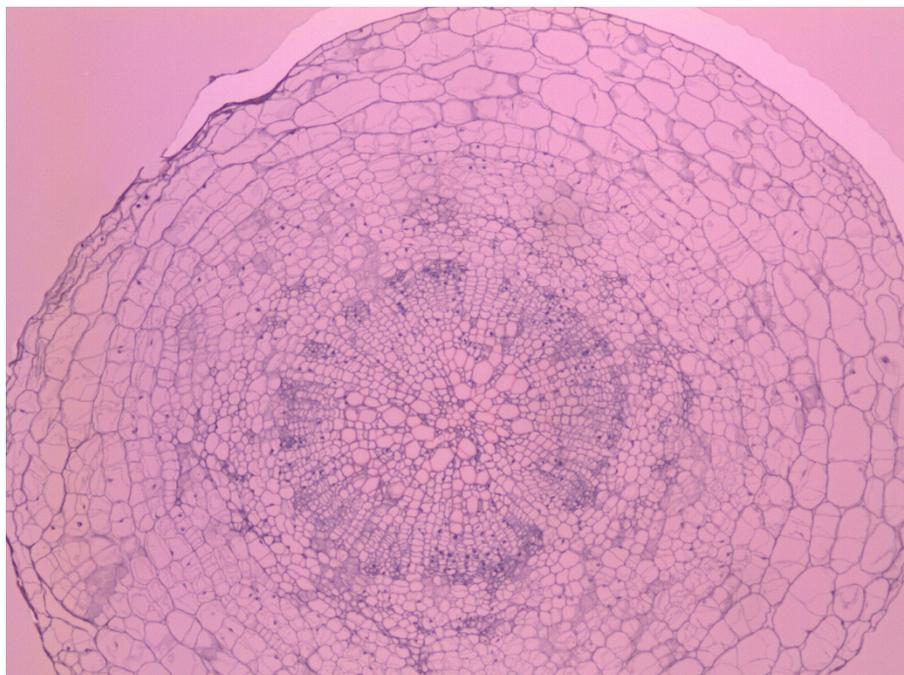


Figura 2 B Lechuga B

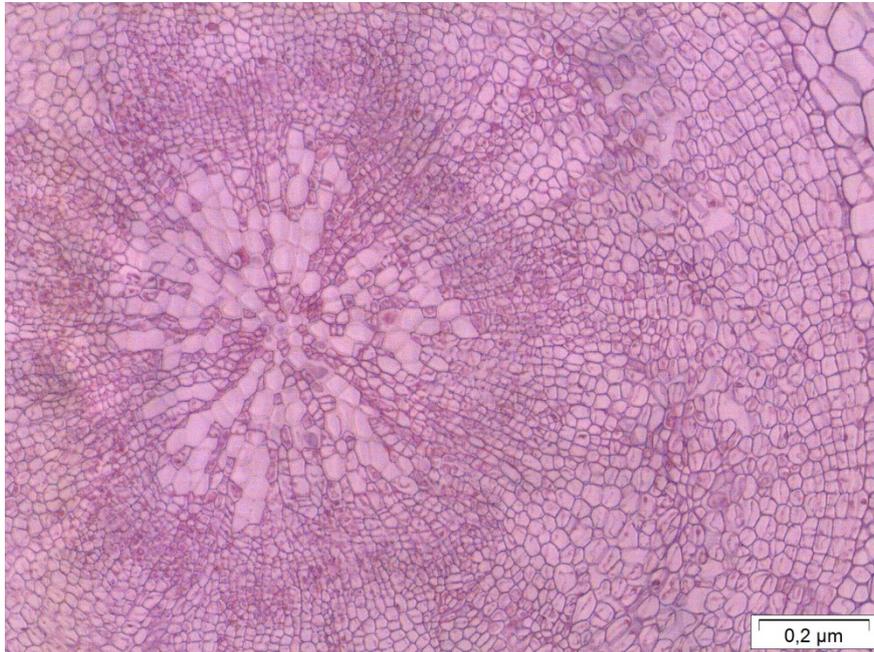


Figura 2C Canónigo

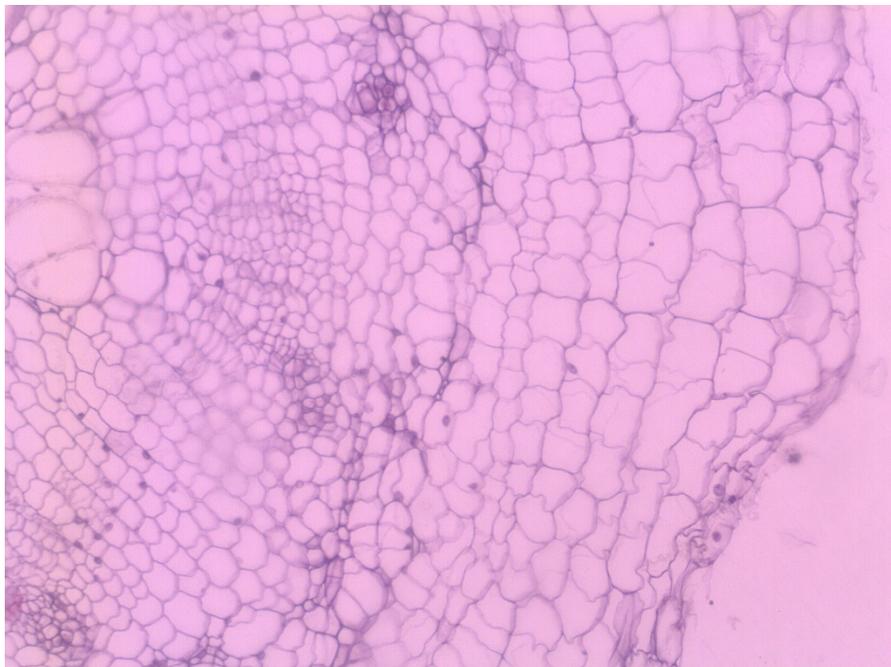


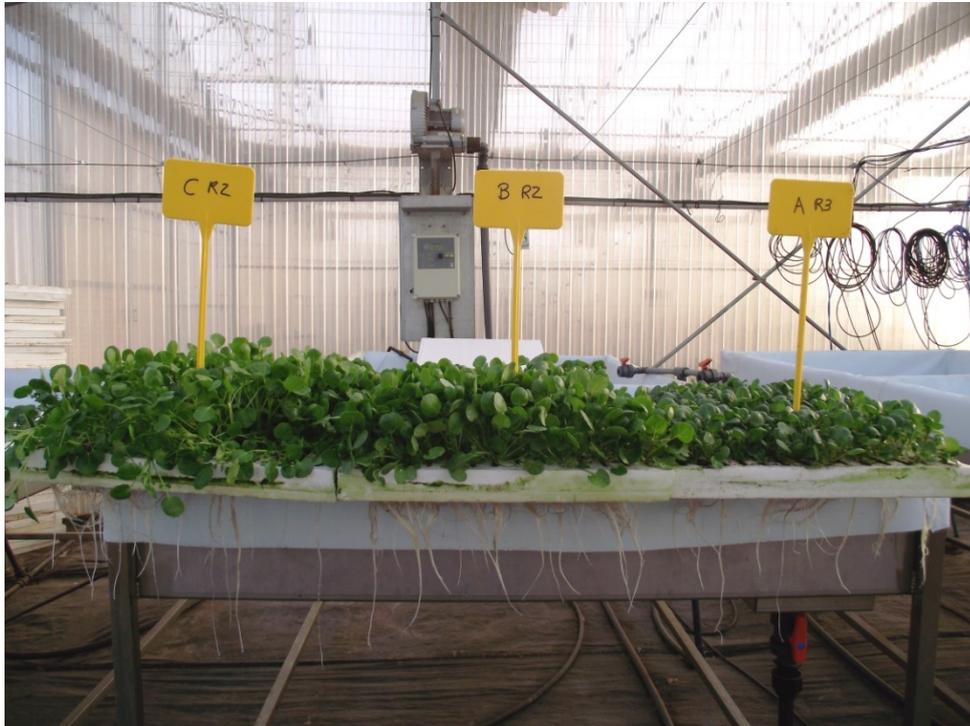
Figura 2D Berros



Figura 3a Raíces adventicias



Figura 3b Raíces adventicias



Influencia de distintos niveles de salinidad en berros



Sistema de aireación

## BIBLIOGRAFÍA

- Cantliffe, D. J. 1973 Nitrate accumulation in table beets and spinach as affected by nitrogen, phosphorous, and potassium nutrition and light intensity. *Agron. J.* 65:563-565.
- EC (European Commission), 2011. Commission Regulation (EU) No 1258/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for nitrates in foodstuffs. *Official J. Eur. Commun.* L320:15-17.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2010. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion: Statement on possible public health risks for infants and young children from the presence of nitrates in leafy vegetables. *EFSA Journal* 2010 (8): 1935. (42 pp.). [www.efsa.europa.eu/efsajournal.htm](http://www.efsa.europa.eu/efsajournal.htm).
- Fontana, E., Nicola, S. 2008. Producing garden cress (*Lepidium sativum* L.) for the fresh-cut chain using a soilless culture system. *J. Hort. Sci. Biotech.* 83(1): 23-32.
- Igamberdiev, A. U., Hill, R. D. 2004. Nitrate, NO and haemoglobin in plant adaptation to hypoxia: an alternative to classic fermentation pathways. *J. Exp. Bot.* 55: 2473-2482.
- Lara, L., Egea-Gilabert, C., Niñirola, D., Conesa, E., Fernández, J.A. 2011. Effect of aeration of the nutrient solution on the growth and quality of purslane (*Portulaca oleracea*). *J. Hort. Sci. Biotech.* 86: 603-610.
- Nicola, S., Hoeberechts, J. and Fontana, E. 2007. Ebb-and-Flow and Floating Systems to grow Leafy Vegetables: a review for Rocket, Corn Salad, Watercress and Purslane. *Acta Hort.* 747:585-592.
- Nicola, S., Egea-Gilabert, C., Niñirola, D., Conesa, E., Pignata, G., Fontana, E., Fernández, J.A. 2015. Nitrogen and aeration levels of the nutrient solution in soilless cultivation systems as important growing conditions affecting inherent quality of baby leaf vegetables: a review. *Acta Hort.* (en prensa).
- Niñirola, D., Egea-Gilabert, C., Martínez, J.A., Conesa, E., Gutiérrez, L., Fernández, J.A. 2011. Efecto de la aireación de la solución nutritiva sobre el crecimiento y la calidad de canónigos cultivados en bandejas flotantes. *Actas de Horticultura.* 58:94-97.
- Niñirola, D., Egea-Gilabert, C., Martínez, J.A., Conesa, E., Gutiérrez, L. and Fernández, J.A. 2012. Efecto de la aireación de la solución nutritiva sobre el crecimiento y la calidad de berros cultivados en bandejas flotantes. *Actas de Horticultura.* 60:830-833.
- Niñirola, D., Fernández, J.A., Conesa, E., Martínez, J.A., Egea-Gilabert, C. 2014a. Combined effects of growth cycle and different levels of aeration in nutrient solution on productivity, quality and shelf-life of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) plants. *HortScience* 49: 567-573.
- Niñirola, D., Conesa, E., Egea-Gilabert, C., Fernández, J.A. 2014b. Influencia de la salinidad de la solución nutritiva en la calidad y producción de dos cultivares de lechuga babyleaf. *Actas de Horticultura,* 65:191-196.

Niñirola, D., Egea-Gilabert, C., Conesa, C., Artés-Hernández, F., Martínez, J.A., Artés, F., Fernández, J.A. 2015. Influence of oxygenation level in the nutrient solution on the quality of two baby leaf lettuce cultivars grown in a floating system at harvest and during storage as ready-to-eat product. *Acta Hort.* (en prensa).

Santamaria, P. 2004. Soluzione nutritiva una scelta consapevole. *Colture Protette* 2: 57-61.

Santamaria, P. 2006. Nitrate in vegetables: Toxicity content, intake and EC regulation. *J. Sci. Food Agr.* 86: 10-17.

Santamaria, P., Elia, A., Gonnella, M., Serio, F., Todaro, E. 1997. I fattori che influenzano l'accumulo dei nitrati negli ortaggi. *Informatore Agrario* 40:117-121.

Santamaria, P.; Valenzano, V. 2001. La qualità degli ortaggi allevati senza suolo. *Italus Hortus* 8:31-38.

Scuderi, D.; Restuccia, C.; Chisari, M.; Barbagallo, R.N.; Caggia, C.; Giuffrida, F. 2011. Salinity of nutrient solution influences the shelf-life of fresh-cut lettuce grown in floating system. *Postharvest Biol. Technol.* 59 132-137.

## **TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS DE HOJA BABY LEAF EN BANDEJAS FLOTANTES**

J.A. FERNÁNDEZ<sup>1</sup>, C. EGEA-GILABERT<sup>2</sup>, D. NIÑIROLA<sup>1</sup>, E. CONESA<sup>1</sup>, S. NICOLA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dept. de Producción Vegetal, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena, España

<sup>2</sup>Dept. de Ciencia y Tecnología Agraria, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena, España

<sup>3</sup>Dept. DISAFA, VEGMAP, Università degli Studi di Torino, Via L. da Vinci 44, 10095 Grugliasco (TO), Italia



Dr. Manuel Candela, 26 11ª - 46021 Valencia, España

Tel +34 – 649 485 677

[info@poscosecha.com](mailto:info@poscosecha.com)

<http://www.postaharvest.biz> <http://www.poscosecha.com> <http://www.horticulturablog.com>